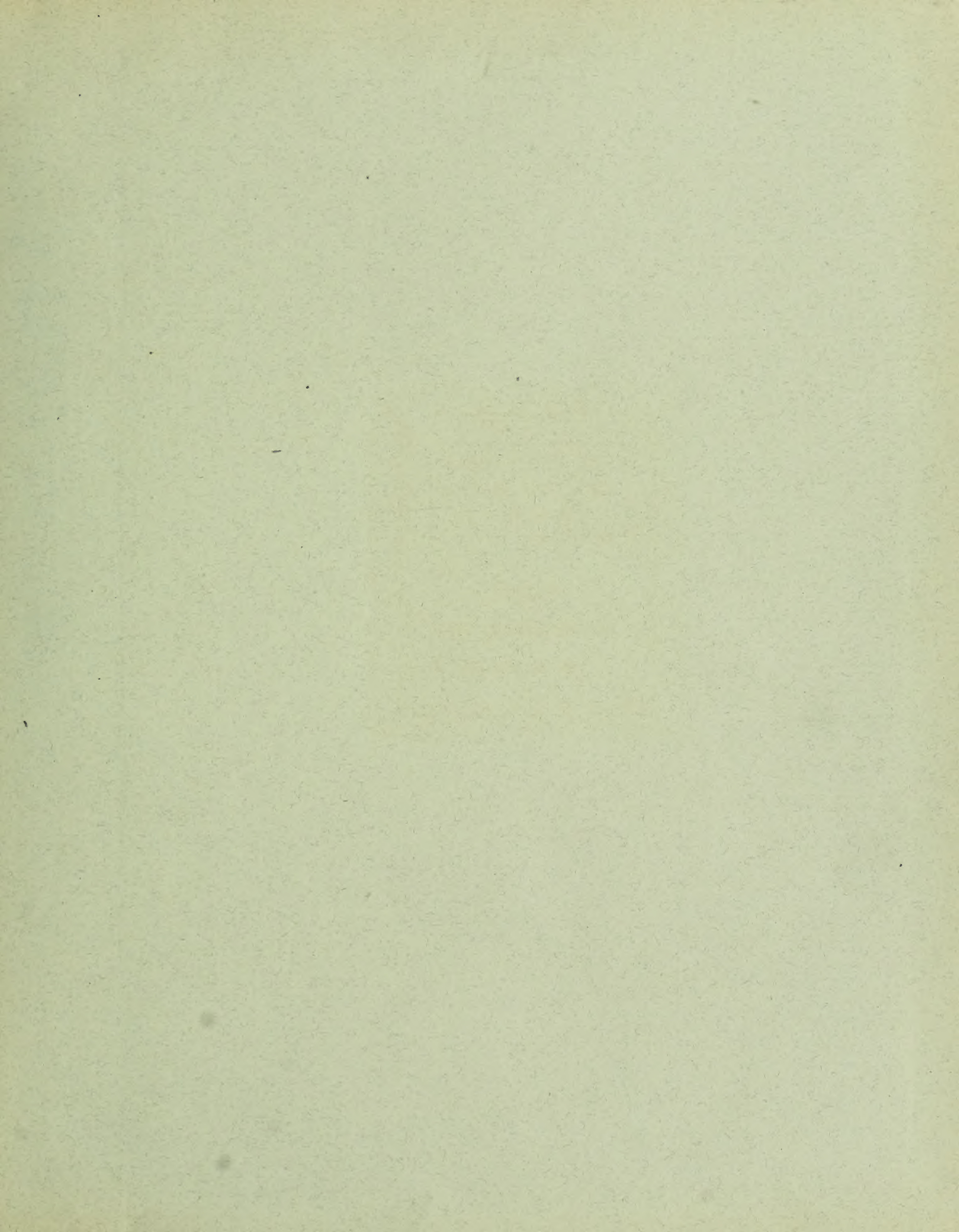
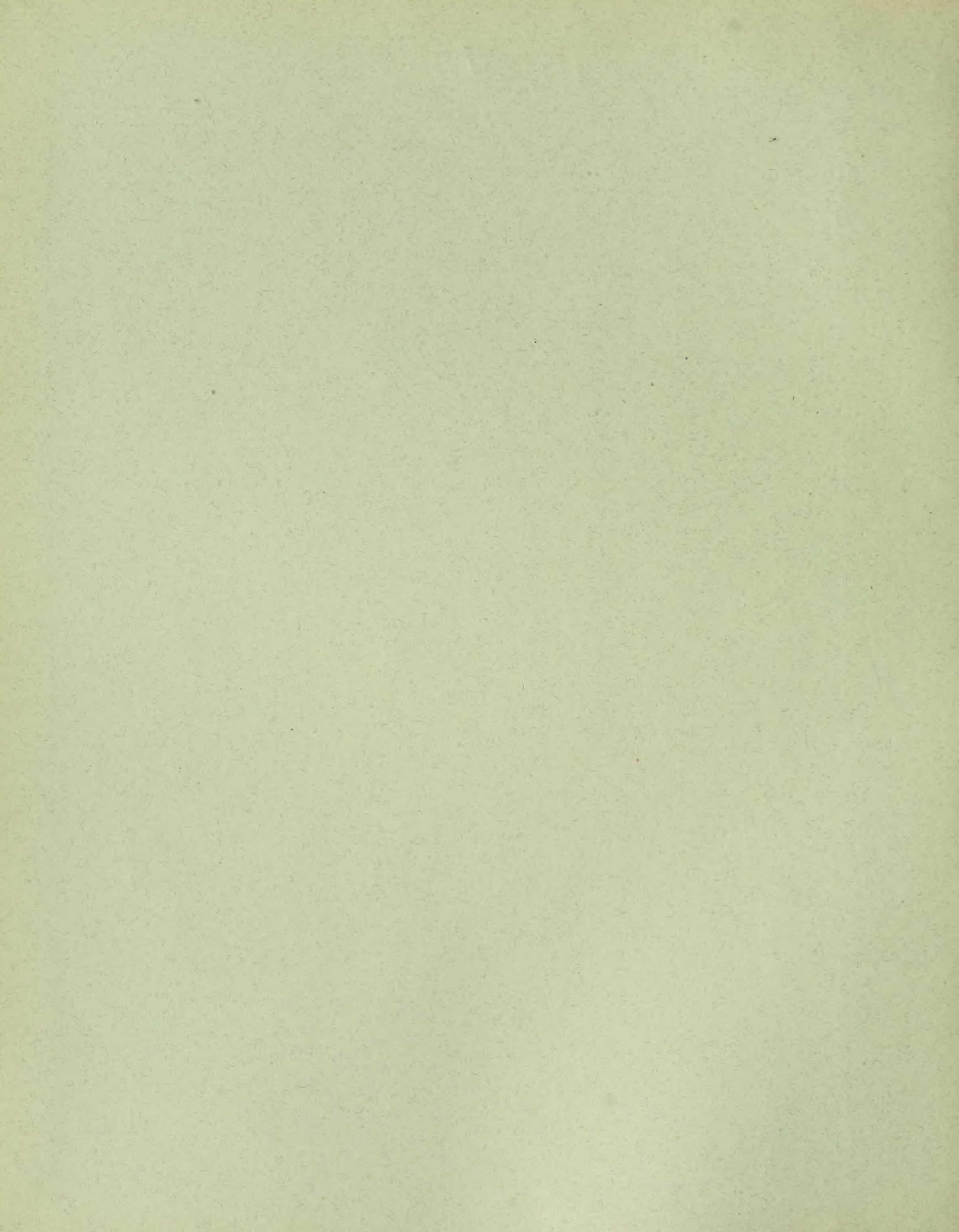










Neue Denkschriften

der

allgemeinen schweizerischen Gesellschaft

für die

gesammten Naturwissenschaften.

NOUVEAUX MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE

DES

SCIENCES NATURELLES.

Vierte Dekade.

Band III.

ZÜRICH

auf Kosten der Gesellschaft und mit Subvention des Bundes

Druck von Zürcher und Furrer.

In Commission bei Georg & Co. in Basel, Genève und Lyon.

1893—1898.

Neue Denkschriften

der

allgemeinen schweizerischen Gesellschaft

für die

gesammten Naturwissenschaften.

NOUVEAUX MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE

DES

SCIENCES NATURELLES.

Band XXXIII.

ZÜRICH

auf Kosten der Gesellschaft und mit Subvention des Bundes

Druck von Zürcher & Furrer.

In Commission bei Georg & Co. in Basel, Genève, Lyon.

1893—1898.

Inhaltsverzeichnis



Ueber

das

Gletscherkorn.

Von der schweizer. naturforschenden Gesellschaft mit dem Preise der Schläflistiftung gekrönte Schrift

von

Dr. Robert Emden.



Ueber das Gletscherkorn.

Von der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft mit dem Preise der Schläflistiftung gekrönte Schrift

von

Dr. Robert Emden.

Man hat schon frühe bemerkt, dass es Eissorten gibt, die sich von dem gewöhnlichen Fluss- und Seeeise wesentlich unterscheiden. So erzählen schon im 17. Jahrhundert Seeleute*) von dem Eise in Spitzbergen, „dass es nicht so eben sei, dass man darauf zischern oder glischen könnte, dass es so schwammig sei, wie Bimsstein, dass es voller Puckel sei und aussehe wie Hutzucker oder Kandiszucker". Es scheint dies die älteste Notiz über das Gletscherkorn zu sein. Die wissenschaftliche Erforschung der Gletscher und des Gletschereises beginnt erst in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts, hat aber bis heute nicht viel mehr zu Tage gefördert, als dass sie uns zeigt, wie bei weiterer Forschung auch hier so vorgegangen werden muss, wie in den übrigen exakten Wissenschaften, wo nur ein vollständiges und genaues Beobachtungsmaterial zum Fundamente des Lehrgebäudes dienen kann. Denn es gibt wenig Zweige des Wissens, in denen eine solche Zahl haltloser Theorien aufgestellt wurden, wie über Alles, was den Gletscher betrifft, Theorien, die nur bei Unkenntniss der Thatsachen entstanden sein konnten und von denen oftmals selbst ihre Urheber nicht überzeugt sein mochten. Rein beschreibend besitzen wir hingegen Vorzügliches und die ältesten ausführlichen Beschreibungen des Gletscherkornes, diejenigen von Hugi, sind noch heute die besten. Es ist hier nicht der Platz, alle die Arbeiten zu erörtern, die sich seither mit dem Gletscherkorn befassten, ebensowenig alle die Theorien zu behandeln, die sein Wachsthum zu erklären suchten. Eine Zusammenstellung dieser Arbeiten, von denen einige

*) Friedrich Martens, Ein Hamburger. Reise nach Spitzbergen im Jahre 1671.

nur noch historisches Interesse haben, findet der Leser in dem Handbuche der Gletscherkunde von Heim (Stuttgart 1885). Ich werde auf die älteren Arbeiten nur so weit eingehen, als die neue Theorie, welche ich hier entwickeln werde, mit ihnen in Berührung kömmt. Es wird aber am Platze sein, in aller Kürze die charakteristischen Eigenschaften des Gletscherkornes zusammenzustellen.

Das Gletscherkorn ist ein optisch einaxiger Kristall. In diesem Punkte sind alle neueren Beobachter einig. Dieser kristallinische Aufbau offenbart sich vor Allem in dem optischen Verhalten. Zwar hat Klocke*) gefunden, dass es in den meisten Gletscherkörnern Zwangszustände gibt, die das regelmässige optische Verhalten stören; aber im Grossen und Ganzen verhalten sie sich stets wie optisch einaxige Kristalle. Der kristallinische Aufbau zeigt sich ferner in den Tyndall'schen Schmelzfiguren, die bei der Einwirkung der Wärme auf das Innere des Gletscherkornes stets in Ebenen senkrecht zur optischen Hauptaxe auftreten und dadurch die Richtung der letzteren leicht bestimmen lassen. Man kann ferner an den Gletscherkörnern eine feine Streifung wahrnehmen, die beim Schmelzen des Eises unter günstigen Witterungsverhältnissen auftritt. Man findet bis jetzt überall die Angabe, dass diese Streifen, nach Beispiel von Hagenbach die Forel'schen Streifen genannt, stets Ebenen senkrecht zur Hauptaxe bestimmen. Dies ist unrichtig. Die Forel'schen Streifen haben mit der Kristallform des Eises nichts zu thun. Auf diesen Punkt werde ich später ausführlich zurückkommen. Unabhängig von der Kristallstruktur ist ferner die äussere Form des Gletscherkornes. Es sind knotige, eckige Brocken, begrenzt von eigenthümlich gerillten, meistens krummen Flächen. Jedes Gletscherkorn ist in seine Umgebung so eingepasst, dass durch „gesundes Eis" Flüssigkeiten keinen Weg finden. Irgend eine ausgezeichnete Spaltbarkeit ist nach meiner Erfahrung nicht vorhanden. Vom Firne bis zum Gletscherende wachsen die Körner kontinuirlich und können daselbst bedeutende Dimensionen erreichen.

Der durch gefrorenes Wasser zusammencementirte Firn geht allmälig in eine aus grossen, kristallinischen Stücken zusammengesetzte Masse über. Wie sich dieser Umwandlungsprozess vollzieht, ist auch heute noch offene Frage, deren Beantwortung hier versucht wird. Denn Klarheit über diese Umwandlung ist von ausserordentlichem Einfluss auf alle Fragen, die sich an die Erforschung der Gletschererscheinungen knüpfen. Diese grosse Bedeutung tritt besonders hervor, wenn wir uns an die zwei Gruppen erinnern, in welche sich die Theorien über das Wachsthum der Gletscherkörner scheiden lassen. Während die einen Theorien die Bewegung des Gletschers als Ursache des Kornwachsthums ansehen, suchen die andern gerade die Ursache dieser Bewegung in diesem Kornwachsthum und sind bestrebt, gleich wie man in der Wärmelehre alle Erscheinungen auf das Verhalten der kleinsten Körpertheilchen zurückführt,

*) Klocke. Jahrbuch für Mineralogie 1881 I.

auch die Veränderungen des ganzen Gletschers durch das Gletscherkorn, gleichsam als Molekel der Eismasse zu erklären. Ursache und Wirkung sind also gerade vertauscht. Dies rechtfertigt den grossen Aufwand geistiger Arbeit, die seither dem Gletscherkorn gewidmet wurde. Dazu kommt noch das Interesse, das der Physiker dieser eigenthümlichen Strukturveränderung der Eismassen entgegenbringen muss.

Als ich die bis jetzt erschienenen Arbeiten über das Gletscherkorn durchging, machte mich besonders ein Punkt stutzig. In allen diesen Arbeiten wird stets mit wenigen Worten, aber auf die bestimmteste Weise versichert, dass die Eigenschaft, Gletscherkorn zu zeigen, nur dem Gletschereise zukommt. Braucht man den Namen Gletscherkorn nur für die eigenthümlichen Eiskristalle, die im Gletschereise auftreten, so ist dies natürlich selbstverständlich; dehnt man den Namen Gletscherkorn aus auf die Eisgebilde, die sich auch im anderen Eise eventuell bilden können und dabei alle die charakteristischen Eigenschaften des Gletscherkornes zeigen, so wird die obige Behauptung erst bewiesen werden müssen. Es ist nun eigenthümlich, dass in der ganzen Literatur über Eis und Gletscher sich nirgends Versuche finden, die angestellt sind, um das Verhalten des gewöhnlichen Eises unter den gleichen Bedingungen, unter denen sich der Gletscher fortwährend befindet, in Bezug auf Korn zu untersuchen*). Gerade diese Versuche sind äusserst nothwendig, da ja selbst das Gletschereis seine Kornstruktur nicht unter allen Temperaturverhältnissen erkennen lässt. Genaueste Kenntniss des Verhaltens gerade des gewöhnlichen Eises ist aber absolut erforderlich, wenn man das Gletscherkorn in Beziehung zu den Erscheinungen der Gletscherwelt bringen will. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend habe ich die Frage über das Gletscherkorn behandelt.

Ich halte es für zweckmässig, hier gleich die beiden Hauptresultate meiner Arbeit anzugeben, um nachher die Beweise dafür zu liefern:

I. Das Gletscherkorn, definirt durch die oben angeführten Eigenschaften, ist keine Eigenthümlichkeit des Gletschereises. Ein jedes Stück Eis geht mit der Zeit bei richtigen Temperaturverhältnissen über in ein Aggregat von optisch einaxigen, Tyndall'sche Schmelzfiguren und Forel'sche Streifen, genau wie das Gletscherkorn zeigenden, mit der Zeit langsam, mit abnehmender Geschwindigkeit wachsenden Eiskristallen, um bei richtig geregelter Schmelzung in solche zu zerfallen. Diese Eiskristalle bilden sich in jedem Eise, im Eise, das aus Schnee hervorgeht, in dem Seeeise, dem künstlich dargestellten Eise, dem Eise der Eiszapfen, wobei sich die Eiskristalle der verschiedenen Eissorten nur durch ihre äussere Gestalt und Orientirung ihrer Hauptaxen unterscheiden, was ihrem eigentlichen Wesen und ihrer Bedeutung durchaus keinen Abbruch thut.

*) Einige Versuche von v. Helmholtz und Heim haben, wie ich später zeigen werde, nach meiner Meinung mit der Gletscherkornfrage nichts zu thun.

II. Diese Veränderung des Eises findet so statt, dass sie nur durch die Annahme eines molekularen Umlagerungsprozesses, dann aber vollständig erklärt werden kann. Denn das Eis in einer ruhenden, hermetisch verschlossenen, auf einer konstanten Temperatur von 0° erhaltenen Flasche lagert sich immer um in ein Aggregat von erst kleinen, im Laufe einiger Wochen bis Haselnussgrösse anwachsenden Körnern, die alle Eigenschaften der ächten Gletscherkörner zeigen.

Beobachtungen, die, wie sich zeigen wird, für die Theorie der Gletscherkornbildung von äusserster Bedeutung sind, wurden schon öfters bei einer Klasse von physikalischen Messungen gemacht, ohne aber in ihrer Wichtigkeit genügend gewürdigt worden zu sein. So erwähnen fast alle Experimentatoren, die mit dem Eiskalorimeter arbeiteten, so schon Bunsen bei der ersten Beschreibung desselben, folgende eigenthümliche Erscheinung. Unmittelbar nach der Herstellung der Eismasse im Kalorimeter zeigt dieselbe meistens homogenes Aussehen, dabei aber eine trübe, schwachmilchige Farbe und öfters ein etwas strahliges Gefüge, da die Masse in konzentrischen Schichten gefriert. Doch schon nach wenig Tagen verändert die Eismasse ihr Aussehen vollständig. Dieselbe wird völlig klar und durchsichtig und nimmt ein körniges Gefüge an. Verfolgt man diese Erscheinung eingehender, so sieht man die ganze Eismasse aus lauter kleinen, knotigen, wenige cub. mm. grossen Eisstückchen zusammengesetzt, die mit der Zeit an Grösse zu, an Zahl daher abnehmen, um nach einigen Wochen Haselnussgrösse erreicht zu haben. Dies ist ein Vorgang, der nur durch einen molekularen Umlagerungsprozess erklärt werden kann. Sollte es sich nun zeigen, dass diese Eisstückchen den Gletscherkörnern in ihren Eigenschaften vollkommen entsprechen, und ich werde im Folgenden beweisen, dass dies der Fall ist, so wird es nothwendig sein, auch die Bildung des Gletscherkornes von dem gleichen Standpunkte aus zu betrachten, wie es in dieser Arbeit geschehen soll.

Molekulare Umlagerungsprozesse einer der Einwirkung aller äusseren Kräfte, der Schwerkraft natürlich ausgenommen, entzogenen Masse ist kein Ding der Unmöglichkeit, sondern ist schon in zahlreichen Fällen nachgewiesen worden und spielt wahrscheinlich in der Natur eine weit grössere Rolle, als man bis heute annimmt. Das beste Analogon eines solchen Vorganges, wie ich ihn, um die Umwandlung der Eismassen zu erklären, annehme, bietet das Verhalten des Schwefels. Giesst man geschmolzenen Schwefel in kaltes Wasser, so erstarrt er zu einer homogenen, plastischen Masse, bekannt unter dem Namen amorpher Schwefel. Doch schon nach wenig Tagen verändert derselbe sein Aussehen vollständig, er wird trübe, spröde und besteht endlich nur noch aus einem Aggregat von Kristallen. Es ist ein molekularer Umlagerungs-, ein Kristallisationsprozess. So ferne wir noch der vollständigen Einsicht in die Natur der Kristallisationskräfte stehen, so kennen wir doch ihre Wirkung, die Molekeln zu veranlassen, sich nach ganz bestimmten Gesetzen anzuordnen, falls die Möglichkeit dazu vorhanden ist. Nehmen wir nun an, dass in amorphem Schwefel, als einer ziemlich flüssigen Masse,

die Molekeln sich ziemlich frei bewegen können, so werden auch hier die Kristallisationskräfte zur Wirkung gelangen und dieselben veranlassen, nach bestimmtem Gesetze sich anzuordnen. Diese ganze Vorstellung lässt sich ohne Weiteres auch auf eine Eismasse übertragen, doch haben wir eine Bemerkung einzuschalten. Wir sind bei unseren Betrachtungen vom amorphen Schwefel ausgegangen. Nun ist es allerdings sehr fraglich, ob auch amorphes Eis in Wirklichkeit existirt. In der Literatur über Eis findet man hierüber nichts angegeben und Versuche,* die ich anstellte, um solch amorphes Eis zu erhalten, sind bis jetzt resultatlos verlaufen. (Mit diesen Versuchen gedenke ich trotzdem fortzufahren.) Dies hindert aber doch nicht, diese Betrachtungen auch auf Eis auszudehnen; denn wir können dies wenigstens so fein kristallinisch erhalten, dass es vollständig homogen aussieht und schwach milchige Farbe besitzt, da der Brechungsexponent in der Masse von Stelle zu Stelle sich ändert. Denken wir uns also Eis so entstanden, dass die die Molekeln ordnenden Kräfte nur ungenügend zur Geltung kommen konnten, wie z. B. in einer Eismasse, die durch Regelation von Schnee entstanden ist, oder bei der Bildung von Seeeis, wo die Schwerkraft ebenfalls die Molekularanordnung leitet, so ist keineswegs ausgeschlossen, dass zwischen den Molekeln noch kristallisirende Kräfte wirksam sind, welche die Konstitution der Eismasse ändern und in den regellosen Molekularstaat Ordnung und Gesetzmässigkeit bringen. Nach den Versuchen von Pfaff*) über die Plastizität des Eises geht unumstösslich hervor, dass wir uns eine Eismasse in der Nähe von 0° nicht als starren Körper, sondern als zähe Flüssigkeit**) vorzustellen haben, und zwar als Flüssigkeit, um so beweglicher, je näher ihre Temperatur an 0° kömmt. Es wird also bei steigender Temperatur die Molekularbewegung des Eises immer mehr den Charakter der Bewegung der Molekeln in einer vollkommenen Flüssigkeit annehmen. Ueberdies macht es auch die bei 0° eintretende Schmelzung wahrscheinlich, dass sich diese Aggregatszustandsänderung schon vorher in einer gesteigerten Beweglichkeit der Molekeln geltend macht. Wenn nun bei der Erwärmung des Eises bis in die Nähe von 0° die Bewegung der Molekeln immer zunimmt, die Molekeln gleichsam immer lebendiger werden, so werden die zwischen den Molekeln thätigen kristallisirenden Kräfte immer leichteres Spiel haben und die Umwandlung der Eismassen von einem feinkörnigen Aggregat von Eiskristallen in ein grobkörniges Aggregat sich immer leichter vollziehen. Diese erste Folgerung, zu der die Annahme eines molekularen Umlagerungsprozesses führt, wird durch die später zu beschreibenden Versuche über die Kornbildung im künstlichen Eise vollkommen bestätigt. Die Geschwindigkeit des Kornwachsthums, des Umlagerungsprozesses ist Funktion der Temperatur. Je niedriger dieselbe, um so kleiner sind die

*) Pfaff. Poggend. Annal. LV, pag. 169.

**) Ueber den Unterschied eines starren Körpers und einer zähen Flüssigkeit, siehe Maxwell. Theory of Heat. 8th edit. pag. 294.

Eiskristalle, in der sich die Eismasse in einer bestimmten Zeit umlagert. Denn diese Kristall bildenden Kräfte sind nicht so zu denken, dass sie einer homogenen Eismasse, falls eine solche zu erhalten ist, von vorneherein in Eiskristalle von ganz bestimmter Grösse zu zerlegen suchen. Auch die amorphe, durchsichtige Schwefelmasse wird erst trübe durch die Entstehung kleiner, dem freien Auge noch nicht sichtbarer Schwefelkrystalle; erst im weiteren Verlaufe des Umwandlungsprozesses wachsen die einen Kristalle auf Kosten der andern, da sich gleichsam ein Recht des Stärkeren geltend macht. Wie, werden wir später sehen: So auch beim Eise. Der Umwandlungsprozess beginnt gleichzeitig an vielen Stellen, die Masse lagert sich um und im weitern Kampfe um's Dasein müssen die einen Kristalle ihre Masse an die andern abgeben. In einer homogenen oder fein kristallischen Masse befinden sich die Molekeln gleichsam in einem labilen Gleichgewichtszustand, der nicht von Dauer sein kann. Die Molekeln lagern sich um in eine Lage, die ihnen bequemer ist, und je grösser die Kristalle sind, in die sich die Masse theilt, um so stabiler wird der Gleichgewichtszustand in ihrem Innern. Je stabiler aber der Gleichgewichtszustand ist, um so weniger werden die den weiteren Umlagerungsprozess bewirkenden Kräfte zur Geltung kommen, die Kristalle wachsen mit abnehmender Geschwindigkeit. Je grobkörniger die Masse ist, um so langsamer verändert sie sich. Auch diese zweite Folgerung wird, wie wir sehen werden, durchaus bestätigt.

Der ganze Verlauf eines solchen molekularen Umlagerungsprozesses wird aber noch durch einen dritten Faktor bedingt, der von ausserordentlichem Einfluss auf das Endprodukt der Umlagerung ist. Wir denken uns ein feinkörniges Aggregat von Kristallen der Art, dass im Innern der Masse keine Richtung bevorzugt ist, z. B. einen Schneeball. Unter diesen Umständen wird sich auch der Umlagerungsprozess nach allen Richtungen hin gleichmässig vollziehen, und auch das Endprodukt wird keine bevorzugte Richtung erkennen lassen. Die Kristalle werden, da sie nach allen Richtungen hin gleichmässig gehindert sind, ganz unregelmässige Gestalt annehmen und die Axe eines jeden wird beliebig orientirt sein können. Wir werden eine aus unregelmässig gebildeten Kristallen unregelmässig aufgebaute Masse erhalten. Wir können uns aber zu Anfang die Molekeln nach einem ganz bestimmten Gesetze geordnet denken, aber nach einem andern Gesetze, als sie bei ihrer ungehinderten Aneinanderlagerung zu einem Kristalle befolgen. Wir brauchen, um einen Fall zu haben, der für uns von Wichtigkeit ist, die Molekeln so geordnet anzunehmen, dass sie nach einer bestimmten Richtung, durch die ganze Masse hin so gelagert sind und sich so bewegen, wie sie es beim fertigen Kristalle in Richtung der Hauptaxe thun, dass aber senkrecht zu dieser Richtung vollständige Regellosigkeit herrscht. Wir haben dann noch lange keinen Kristall vor uns, denn ein solcher verlangt Regelmässigkeit in jeder Richtung. Es werden also auch hier Kristallisationskräfte auftreten. Die von Anfang an ausgezeichnete Richtung muss sich da aber während des ganzen Umlagerungsprozesses bemerkbar machen und auch das Endprodukt der

Umlagerung wird dieselbe noch erkennen lassen, sowohl Form als Lagerung der Kristalle müssen zu dieser Richtung in Beziehung stehen. Beim Eise treffen wir je nach Umständen den einen oder andern Fall verwirklicht an, den ersten beim Firneise, den zweiten beim Seeeise und der ganze Charakter der Erscheinungen rechtfertigt diese Ueberlegung vollständig.

Damit in einem Aggregat von Eiskristallen molekulare Umlagerungsprozesse zu Stande kommen, wodurch Wachsthum der einen Kristalle eintritt, muss sich unter den Körnern ein Recht des Stärkeren geltend machen. Es ist am Platze, physikalisch zu erklären, wodurch das Recht des Stärkeren zur Geltung kommt. Ich brauche meine Meinung hierüber nicht auseinander zu setzen, da ich mich vollständig zu der Ansicht bekenne, die Hagenbach*) über diesen Punkt auseinandergesetzt hat. Die Hagenbach'schen Ansichten sind ebenso einfach als überzeugend, und die nunmehr feststehende Thatsache, dass kleine Kornreste sich gewöhnlich da finden, wo mehr grosse Kristalle zusammenstossen, als auch die Zusammensetzung der Seeeistafeln, die wir später ausführlich betrachten werden, rechtfertigen dieselbe. Ich möchte nur ausdrücklich betonen, dass es ein Irrthum wäre, anzunehmen, dass stets der grössere Kristall auf Kosten des kleineren wächst. Denken wir uns zufällig einen kleinen Kristall A an zwei grosse Kristalle B und C so angelagert, dass A gerade auf der Berührungsstelle D von B und C liegt, so wird an der Berührungsstelle D gerade der kleinere Kristall zunehmen, sowie B und C nicht parallel gerichtete Axe haben. Doch ist leicht einzusehen, dass solche Ausnahmsfälle der Thatsache, dass das Gefüge immer grobkörniger wird, nicht widersprechen. Dass aber ein feinkristallinisches Aggregat an Eiskristallen sich umlagern muss, ist noch auf andere Art einzusehen. Es ist klar, dass je grösser kristallinisch ein solches Aggregat ist, die Molekeln in um so stabilerem Gleichgewicht sich befinden, denn das Maximum der Stabilität ist dann vorhanden, und die ganze Masse nur einen einheitlichen Kristall darstellt. Da aber jedes sich bewegende System sich wenn möglich so einstellt, dass seine Lage stabiler wird, so wird auch ein Aggregat von Eiskristallen bei Temperaturen in der Nähe von 0° immer grobkörniger werden.

In keiner der bis jetzt erschienenen Abhandlungen über das Gletscherkorn ist versucht worden, die mittlere Korngrösse einer Eismasse durch Zahlen festzustellen. Und mit Recht. Denn denken wir uns ein bestimmtes Eisvolumen aus n Körnern zusammengesetzt und lassen nun die einen Körner auf Kosten der andern wachsen, so können sich schon sehr grosse Körner gebildet haben und die Zahl n kann immer noch dieselbe sein. Man würde also immer noch dieselbe mittlere Korngrösse erhalten, trotzdem das Eis ganz andere Struktur besitzt. Die Angabe des mittleren Gewichts

*) Hagenbach, Weiteres über Gletschereis. Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. VIII, pag. 821.

2

würde natürlich ebenso zwecklos sein. Nun gibt dagegen die bis jetzt gebräuchliche Ausdrucksweise, Eis mit erbsen-, haselnuss-, nussgrossen, hühnereigrossen Körnern demjenigen, der sich mit diesem Studium befasst hat, ohne Weiteres ein klares und deutliches Bild der betreffenden Eissorte. Diese Ausdrucksweise ist desshalb auch hier angewendet worden.

Die in dem Folgenden zu beschreibenden Versuche über die Bildung des Gletscherkornes in den verschiedensten Eissorten sind im Laufe der drei letzten Winter angestellt worden. Die Witterungsverhältnisse waren namentlich im Winter 1887/88 diesen Versuchen ausserordentlich günstig. Lang andauernde intensive Kälte wechselte mit lange dauernden Temperaturen in der Nähe von —2° bis 0°, welche letztern allein eine Untersuchung der Forel'schen Streifen möglich machen. Da die erhaltenen Eispräparate sich mit Worten kaum beschreiben und mit Hülfe von Zeichnung nur sehr unvollkommen wiedergeben lassen, so wurden einige ganz besonders lehrreiche photographirt. Die Photographie solcher Eispräparate, besonders in natürlicher Grösse, wie dies wo immer möglich geschah (das Präparat befand sich dann nur 46 Cm. vom Objekte des Apparates entfernt), bietet sehr grosse Schwierigkeiten und wird nur durch länger andauernde Uebung und günstige Witterungs- und Temperaturverhältnisse ermöglicht. Die Wiedergabe der Forel'schen Streifen z. B. kann nur bei Temperaturen nahe bei 0° (bei tieferen Temperaturen ist das Eis zu glänzend), bei trockener Luft und geschickt regulirter, schwacher Beleuchtung vorgenommen werden. Grosse atmosphärische Feuchtigkeit, Spuren von Schmelzwasser oder Glanz lassen statt der Zeichnung nur eine gleichförmig glänzende Eisfläche auf der Platte zum Vorschein kommen.

Wir haben uns vor Allem nach einem Mittel umzusehen, um in einer fest zusammengefrorenen Eismasse die einzelnen Eiskristalle von einander zu trennen. Als einfachstes, längst bekanntes Mittel bietet sich uns die strahlende Wärme dar, die wir ja nicht nur auf die Oberfläche, sondern auch auf das Innere der Eismasse wirken lassen können. Ein Block klaren Gletschereises, in dessen Inneren wir auch nicht Spuren von Haarspalten wahrnehmen, zerfällt unter dem Einfluss der Sonnenstrahlen in die ihn zusammensetzenden Körner. Ebenso verhält sich jede aus Eiskristallen zusammengesetzte Eismasse. Der Grund hiefür ist nicht schwer einzusehen. Da wo ein Eiskristall mit Luft oder einem anders orientirten Eiskristall in Berührung ist, befinden sich die Molekeln der Oberfläche nicht in einem so stabilen Gleichgewichtszustand, wie diejenigen im Innern der Kristalle, und gerade das Gleichgewicht dieser Molekeln wird durch die Wärme zuerst gestört. Es soll damit noch keineswegs gesagt sein, dass ein Eiskristall an seiner Oberfläche einen andern Schmelzpunkt hat als im Innern, obwohl dies nicht unmöglich ist und sich mit den Faradey'schen Anschauungen über das Wesen der Regelation vollständig deckt; es soll damit einfach gesagt sein, dass die zerstörende Wirkung der Wärme sich zuerst da geltend macht, wo sie auf weniger Widerstand stösst, wo der Gleichgewichtszustand ein weniger stabiler ist. Ueberdies hat ja auch im

Innern eines Kristalles keine Stelle ein Vorrecht vor der andern, so dass nicht einzusehen ist, warum die eine Stelle zuerst zur Schmelzung kommen sollte. Das Auftreten der Tyndall'schen Schmelzfiguren darf man nicht als Beweis für das Gegentheil anführen, denn es ist unmöglich, Eis zu erhalten, das nicht noch mikroskopische Luftbläschen und Staubtheilchen enthält, die Unstetigspunkte in der Masse darstellen und so das Auftreten dieser Schmelzfiguren gestatten.

Ein Zerfallen der Eismassen in die Eiskristalle erfordert eben immer längere Zeit und kann je nach der Grösse und Temperatur der Eismasse Stunden, ja Tage in Anspruch nehmen. Wir werden desshalb zu diesem Mittel nur dann unsere Zuflucht nehmen, wenn wir grössere Eismassen zerlegen und deren Aufbau studiren wollen. Ist es uns aber, wie in den meisten Fällen, nur darum zu thun, in einer kleinen Eismasse, die bei obiger Behandlung schon von Aussen her zu sehr abschmelzen würde, das Vorhandensein von Gletscherkorn rasch nachzuweisen und über seine Grösse Aufschluss zu erhalten, so haben wir ein anderes Mittel, das in wenig Augenblicken zum Ziele führt. Wir brauchen nur aus der Eismasse eine dünne Schicht herauszuschneiden und dieselbe auf einer heissen Metallplatte bis zu einer Dicke von ungefähr 1 mm auf beiden Seiten glatt abzuschleifen. Bei diesem Vorgange dringt genügend Wärme in das Innere der Eismasse und auf der Oberfläche der Platte finden wir eine Zeichnung von haarscharfen Linien, die auf der Rückseite derselben ein nur wenig geändertes Bild haben und dadurch deutlich sichtbare Ebenen bestimmen, die bei der Prüfung im Polarisationsapparate sich als Grenzflächen verschiedener orientirter Kristalle erweisen. In vollständig klarem, keine Struktur erkennen lassendem Eise können wir so innerhalb weniger Augenblicke Kornstruktur nachweisen, sobald solche vorhanden ist.

Wir besprechen nun der Reihe nach die Erscheinungen, die uns:

1. das Eis, entstanden aus Schnee,
2. das Seeeis,
3. das künstlich dargestellte Eis,
4. das Eis der Eiszapfen

darbieten. Und wir werden zu dem Resultate kommen, dass die Kornbildung eine rein physikalische Eigenschaft eines jeden Eises ist und mit dem Gletscher als solchem auch nicht das Geringste zu thun hat.

I. Eis aus Schnee.

Es hat schon Forel *) gezeigt, dass man durch wiederholte Einwirkung von Wasser auf stark abgekühlten Schnee Eiskörner von 2—3 mm Durchmesser erhalten kann. Es ist mir gelungen, einen ähnlichen, leicht kontrolirbaren Vorgang zu beobachten, der sich ganz von selbst und unter den für den ganzen Verlauf günstigen Bedingungen vollzog. Als Versuchsfeld diente das mit glattem Blech bedeckte, nur wenig geneigte Dach eines einstöckigen Gebäudes, in dem sich der Kessel einer Dampfheizung befand. Nach drei Seiten hin schützten hohe Mauern den auf dem Dach befindlichen Schnee vor warmen Winden und Sonnenstrahlen vollständig; nur die Nordseite war offen. Die erwärmte Luft im Innern des Gebäudes wirkte durch das Dach hindurch auf die darauf lagernden Schneemassen und veranlasste sie selbst bei sehr kaltem Wetter zu sehr langsamer Abschmelzung, die aber in Folge der geschützten Lage des Schnees wochenlang dauerte. Die gebildeten Eismassen liessen sich von der Blechunterlage ohne Weiteres abheben, waren Tags aber auf der Temperatur ihres Schmelzpunktes und zeigten auf ihrer unteren, vollständig polirten Fläche die Kornzeichnung, die sich noch weit ins Innere verfolgen liess, in ganz ausgezeichnet schöner Weise, so dass man den ganzen Umwandlungsprozess leicht und vollständig übersehen konnte. Verfolgen wir den frisch gefallenen Schnee auf seiner Wandlung. Die obersten Partien der Schneeschichte blieben bei kaltem Wetter lange Zeit vollständig unverändert. So lange man kein Wasser hinzubrachte und die Massen vor Schmelzung geschützt blieben, waren in derselben keine Kräfte thätig, die eine Umlagerung bewirkten; denn die einzelnen Schneeflocken waren durch Luftschichten von einander getrennt, so dass sich keine Molekularkräfte von einem Kristall zum andern geltend machen konnten. Um das Auftreten solcher Kräfte aber möglich zu machen, brauchte man die Schneemasse nur zu komprimiren, bis Regelation eintrat. Es konnten aber Molekularkräfte noch auf andere Art zur Wirksamkeit gelangen, wie es bei den Schneemassen, die wir hier betrachten, der Fall war. Der Schnee wird durch seine wärmere Unterlage zur Schmelzung gebracht, die untern Schichten saugen sich voll Wasser und erlangen dadurch ein Aussehen wie Schneeballen, die man in Wasser eintaucht. Dies Schmelzwasser hat eine doppelte Wirkung, es reinigt den Schnee bedeutend von Luft und gibt beim Zusammenfrieren mit der Schneemasse den Molekularkräften Gelegenheit, aufzutreten. Dies Wegschaffen der Luft kann auf zweierlei Weise geschehen; einmal kann das Wasser die Luft beim Abfliessen mechanisch mitreissen, oder es kann als Lösungsmittel der Luft dienen. Wahrscheinlich wird Letzteres, wenn auch nicht beim Schnee,

*) Forel. Archives, Genève 1882, VII. pag. 329.

so doch beim körnigen Eise bedeutend überwiegen. Denn es ist hinlänglich bekannt, wie schwierig Luft durch kapillare Zwischenräume hindurchgeht oder hydrostatisch daraus verdrängt wird. Der Absorptionskoeffizient des Wassers für Gase ist aber in ausserordentlichem Grade Funktion der Temperatur, so dass das Schmelzwasser von 0° bedeutende Luftmengen fortzuschaffen im Stande ist. Und dies Schmelzwasser wird die Luft sehr leicht aufnehmen, da es auf dieselbe gleichsam im status nascendi trifft. Im Laufe der Zeit wird diese vom Wasser durchdrängte Schneeschicht immer dicker und nach unten immer luftfreier. Wir fassen nun die am ersten Tage vom Wasser durchdrängte Schneeschicht ins Auge. Von einer kristallinischen Gestalt der Schneeflocken war nichts mehr zu unterscheiden. Dieselben hatten sich einzeln oder zu mehreren zu kleinen Kügelchen zusammengerollt. Die Kälte der Nacht liess den Schneebrei zu festerem Eise zusammenfrieren (dies wurde dadurch erleichtert, dass der Dampfkessel nur Vormittags geheizt wurde und sich die Luft im Innern des Häuschens des Nachts abkühlte). Nahm man nun am folgenden Morgen das Ganze ab, so hatte man eine wenige Millimeter dicke (so weit eben die Durchtränkung des Schnees ging), blasige Eisschichte vor sich. Auf der unteren Fläche war keine Spur einer Zeichnung wahrzunehmen. Die allerunterste Schicht war beinahe luftleer, doch schon um Bruchtheile eines Millimeters höher traf man auf Luftbläschen, um dann auf stark lufthaltiges Eis von wenigen Millimeter Dicke zu stossen; darüber kam lockerer Schnee, der sich leicht abblasen liess. Während nun die unterste Schicht dem freien Auge absolut keine Struktur erkennen liess, so zeigte dieselbe im Polarisationsmikroskope ein eigenthümliches Aussehen. Sie schien da aus lauter äusserst kleinen, farbigen, beinahe kreisrunden Scheibchen zusammengesetzt, die in eine andere, schwach doppeltbrechende Masse eingebettet waren. Ein jedes Scheibchen zeigt eine ganz gleichmässige, intensive, von Scheibchen zu Scheibchen abwechselnde Farbe, welche sie deutlich aus der Masse, in die sie äusserst nahe zusammen, sich oft unmittelbar berührend, eingelagert waren, hervortreten liess. Die Masse offenbarte sich als ein Konglomerat kleiner, kugelförmiger Kristalle, die durch eine wenig doppeltbrechende Masse zusammencementirt sind. Mit ziemlicher Sicherheit liess sich behaupten, dass die kleinen Kristalle durch molekulare Umlagerung der zu kleinen Kügelchen zusammengeballten Schneeflocken entstanden waren, der Eiscement aber dem gefrorenen Schmelzwasser entsprach; denn bei den zusammengeballten Schneeflocken hatten die Kristallisationskräfte leichteres Spiel, da in diesen immerhin irgendwelche kristallinische Anordnung vorhanden war. Im Laufe der Zeit arbeiteten die Kristallisationskräfte immer weiter, doch konnte man das Endprodukt des Kristallisationsprozesses ziemlich sicher voraussagen. Die Eismasse war zwar nicht vollständig homogen, denn wir hatten Kriställchen in eine homogene Eismasse eingebettet. Aber da die Axen dieser Kriställchen vollkommen regellos orientirt waren, so hatten wir eine Eismasse, in der keine Richtung besonders ausgezeichnet war. Wir mussten desshalb als Endpunkt der Umlagerung ebenfalls eine nach allen Richtungen gleichartige

Masse erhalten, ein Aggregat regellos orientirter Kristalle von vollkommen unregelmässiger Gestalt. Die ganze beobachtete Veränderung der Eismasse entsprach dem vollständig. Die unterste glasige, dem freien Auge vollständig homogen erscheinende Schicht des Eises veränderte sehr bald ihr Aussehen. Schon am zweiten oder dritten Tage entstand auf ihr eine ausgezeichnet schöne Zeichnung; feine Linien zerlegten die ganze Fläche in lauter kleine, ziemlich regelmässige Sechsecke. Der Radius des um ein solches Sechseck möglichen Kreises betrug höchstens 1 mm. Im Polarisationsapparate begrenzten diese feinen Linien gleichmässig gefärbte Flächen; doch wechselte die Farbe von einem Sechseck zum andern. Diese Sechseckbildung ist das zweite Produkt des molekularen Umlagerungsprozesses, wobei wahrscheinlich die oben erwähnten kristallinischen Kügelchen als Kristallisationszenter wirkten. Man könnte versucht sein, diese sechseckigen Figuren mit der Kristallform des Eises in Zusammenhang zu bringen; dies wäre aber ein Irrthum, da die Axen dieser kleinen Kristalle ganz verschieden orientirt sind. Der ganze Vorgang erklärt sich geometrisch einfach so, dass die Umlagerung an ungefähr gleichweit von einander entfernten Punkten ihren Anfang nimmt und nach allen Seiten gleich rasch fortschreitet. Die Endprodukte der Umlagerung müssen dann nothwendig bei ihrem Zusammentreffen sechseckige Form annehmen. Es macht sich hier das gleiche Prinzip geltend wie bei der Basalterstarrung, oder das auch die Bienen beim Aufbau der Waben befolgen, an die man durch die feine Eiszeichnung unwillkürlich erinnert wird. Der molekulare Umlagerungsprozess ist nun aber keineswegs beendet. Die über der Eisschicht befindlichen Schneeschichten saugen immer mehr Schmelzwasser auf und vereisen des Nachts, so dass nach Ablauf eines Monats eine 3—4 Cm. dicke Eisschicht vorhanden war, durch deren ganze Masse Kristallisationsprozesse vor sich gingen. Wären in der untersten, bereits kristallinisch geordneten Schicht alle kleinen Kristalle vollständig gleichwerthig, so würden dieselben in diesem Zustande beharren. Doch schon der blosse Augenschein lässt verschieden grosse Sechsecke erkennen, was leicht dadurch erklärlich ist, dass in dem erst vorhandenen Brei die Schneeflocken nicht genau gleichförmig vertheilt und auch primär nicht gleich gross waren. Es können ferner noch eine Menge der Beobachtung sich entziehende Umstände dazu beitragen, den einen Kristallen einen Vortheil über die andern zu verschaffen, so dass sich, wie wir es oben auf Grund der Hagenbach'schen Anschauungen auseinandersetzten, ein Recht des Stärkeren geltend machen kann und die einen Kristalle auf Kosten der andern an Masse und Volumen zunehmen. Dies ist im weiteren Verlaufe des Prozesses deutlich erkennbar. Die Zeichnung der Eisschicht begrenzte Flächen, die mit der Zeit immer ungleicher an Grösse wurden und ihre regelmässige Gestalt verloren. Man unterschied deutlich die immer grösser werdenden Kristalle, zwischen denen meistens kleine, oft ganz verschwindend kleine Kristallreste gelagert waren. Mit zunehmendem Alter nahm diese Ungleichheit der Grösse immer mehr zu und die Kornstruktur liess sich immer mehr ins Innere der Eisschicht verfolgen (denn die Abschmelzung

von unten ging ungleich langsamer vor sich als das Weiterschreiten der Vereisung und Kornbildung).

Dieser Umlagerungsprozess hat aber noch eine ganz andere Bedeutung für die Eismassen, die wir ausführlicher besprechen, da wir dadurch weiter unten durch die gleichen Betrachtungen einige bis jetzt noch unsichere Erscheinungen des Gletschereises werden erklären können. Der Umlagerungsprozess wirkt nämlich in hohem Grade luftreinigend auf das Eis, und zwar ist seine Wirkung auf die Luft eine zweifache. Es ist klar, dass die Molekeln benachbarter Eisstückchen nur da aufeinander wirken, wo sie sich unmittelbar berühren, nicht aber, wo sie durch Luftbläschen getrennt sind. Die sich umlagernden Eismolekeln trieben dadurch die kleinen Luftbläschen gleichsam vor sich her und bewirkten dadurch, dass sie sich zu grösseren Bläschen vereinigten. Dies liess sich an den Eispräparaten sehr deutlich wahrnehmen. Fast alle Luftbläschen sassen stets da, wo sich zwei Körner berührten, und die grösseren Bläschen namentlich da, wo mehrere Körner zusammenstiessen. An den Grenzen der Körner hatte bei Einwirkung der Wärme Schmelzwasser Gelegenheit zu zirkuliren, die Luft aufzulösen und fortzuschaffen. So wird schon durch den Umkristallisationsprozess das Eis bedeutend von Luft befreit. Ein zweiter, weitaus der geringere Theil der Luftbläschen, erleidet ein anderes Schicksal. Der Umlagerungsprozess findet oft rings um ein Bläschen herum statt und dasselbe wird von den sich bildenden Kristallen umklammert. So können durch den Umlagerungsprozess Luftbläschen ins Innere der Eiskörner gelangen, wo sie, vor Schmelzwasser geschützt, verharren. Solche Luftbläschen im Innern der Körner liessen sich sehr oft nachweisen.

Betrachteten wir nun die Eismassen, die sich im Laufe von drei bis vier Wochen bildeten, so hatten wir in einer nur wenige Centimeter dicken Eisschicht alle die Erscheinungen vereinigt, die der Gletscher in seinen obern Partien zeigt. Oben auf der Eisschicht lag je nach Umständen noch loser Schnee, der sich leicht abblasen liess; darauf folgte Schnee, der bereits Spuren von Wasser aufgenommen und in Folge dessen sich die Schneeflocken zu kleinen, kristallinisch aufgebauten Kügelchen umgebildet hatten, die an den Punkten, an denen sie sich berührten, leicht zusammengefroren waren. Auf diese Eiskügelchen folgte eine glasig aussehende Schicht, ein Gemisch von Eis und Luft, in dem sich mit freiem Auge keine Struktur erkennen liess. Dann kam zwar noch immer lufthaltiges Eis*), aber die Kornstruktur war schon deutlich erkennbar und die Luftbläschen sassen fast immer an den Korngrenzen. Und kontinuirlich treffen wir auf immer luftfreieres, immer grössere Körner zeigendes klares Eis. Die unterste

*) Das Eis höher oben ist besonders stark lufthaltig, denn das Schmelzwasser, das den Schnee Nachts vereiste, stammte zum Theil auch aus der untern Schicht, hatte dort Luft aufgenommen, die beim Gefrieren frei wird, und so, statt auf die oberen Schichten luftreinigend zu wirken, sogar noch Luft hinaufgeschafft. Beim Firneise des Gletschers findet etwas Aehnliches statt, da die untersten Schichten desselben zuerst vereisen und das Semelzwasser nicht mehr durchlassen.

Schicht war bis auf die in den Körnern sitzenden Luftbläschen (ja nicht zu verwechseln mit den Tyndall'schen Schmelzfiguren) vollständig klar und die Zeichnung der untersten Fläche liess Körner von 5—10 mm Durchmesser erkennen, zwischen denen sich kleine Körner oder Reste aufgezehrter Körner vorfanden. Diese Körner zeigten alle charakteristischen Eigenschaften der ächten Gletscherkörner. Im Polarisationsapparate erwiesen sie sich deutlich als optisch einaxige Kristalle und zeigten auch schön die Savart'schen Streifen, wo zwei aneinander grenzende Körner sich theilweise deckten. Bei der Einwirkung strahlender Wärme traten Tyndall'sche Schmelzfiguren auf, die deutlich erkennen liessen, dass die Axen der Eiskörner ganz unregelmässig orientirt waren. Unter Umständen waren an den Körnern sogar Forel'sche Streifen wahrnehmbar. (Ueber diese siehe nächsten Abschnitt.) Diese Körner unterscheiden sich absolut nicht von den Gletscherkörnern im Gletscher (ausser durch ihre Grösse) und sind demnach mit diesen vollständig identisch.

Von diesem Eispräparate wurden eine Reihe Photographien hergestellt, von denen eine hier reproduzirt ist. Fig. 1 zeigt diese unterste Schicht, nachdem sie einige Zeit höherer Temperatur ausgesetzt war, um durch leichte Abschmelzung das Körperliche der Körner mehr hervortreten zu lassen. Die Photographie, in natürlicher Grösse hergestellt, zeigt deutlich die Gestalt und Grösse dieser Eiskristalle, das Vorhandensein kleiner Kornreste zwischen grossen Körnern.

Auch in Bezug auf Infiltration verhielt sich diese Masse wie Gletschereis. War die Kornstruktur auch im Innern deutlich erkennbar, so nahm das Eis färbende Flüssigkeiten (am bequemsten ist Wasser, dem einige Tropfen Fluorescein zugesetzt sind) äusserst leicht in die kapillaren Zwischenräume auf. Setzte man das Eis aber einige Zeit niederer Temperatur aus, so dass die Kornstruktur für das freie Auge verschwand, so war das Eis für Flüssigkeiten absolut undurchlässig.

Aus der trüben, durch Zusammenfrieren von Schnee und Wasser entstandenen Masse ging ein klares aus Eiskörnern von beträchtlicher Grösse zusammengesetztes Eis hervor, dessen Körner sich in nichts von den Körnern des ächten Gletschereises unterschieden.

Ich habe diesen ganzen Umlagerungsprozess ausführlicher berschrieben, da er charakteristisch ist für die Anschauungen, die hier über die Gletscherkornbildung vertreten werden sollen. Es ist nun aber auch möglich, dass aus Schnee auf einfachere Weise klares Eis hervorgeht und zwar ohne den Eiscement, den wir oben erwähnten. Ist nämlich die Schmelzung des Schnees nur gering und staut sich das Schmelzwasser nicht, sondern fliesst ab, so kömmt jener Eiscement nicht zu Stande. Die Schneeflocken ballen sich dann immer noch zu kristallinischen Kügelchen zusammen, aber diese werden durch keinen Eiscement verbunden, sondern gefrieren bei Kälte nur an ihren Berührungspunkten zusammen, so dass auch hier die molekularen Umlagerungsprozesse zu Stande kommen und aus dem Schnee klares, körniges Eis hervorgeht. Man kann

dies in der Regel sehr schön beobachten an den Schneehaufen, die im Laufe des Winters zusammengeschaufelt werden. Auch diese Art der molekularen Umlagerung spielt eine grosse Rolle beim Uebergang vom Firn in Gletschereis.

II. Seeeis.

Wollen wir gewöhnliches Seeeis auf Kornstruktur untersuchen, so werden wir wiederum die Wirkung der Wärme zur Hülfe nehmen, indem wir aus dem Eise auf heissen Metallflächen dünne Platten schleifen oder grössere Eismassen der Sonnenstrahlung aussetzen. Man stösst hier auf die Angabe (z. B. in Heim, Gletscherkunde), dass ein Stück Wassereis, dann Rinde um Rinde langsam abschmelze. Dies kann sich nur ereignen, wenn man als Versuchsobjekt ein kleines Eisstückchen benutzt, das zufällig ein einheitlicher Eiskristall ist. Beobachtet man aber grössere Massen von Seeeis, so ist der Vorgang bei dieser Art der Schmelzung ein ganz anderer. Das Eis zerfällt im Laufe einiger Stunden in lauter längliche, prismatische, genau in einander gepasste Stücke so vollständig, dass es oft unmöglich ist, das Eisstück schliesslich aufzuheben; das Eis zerbröckelt unter den Händen. Ein solches Zerfallen des Eises unter dem Einfluss der Sonnenstrahlen ist schon von einzelnen Beobachtern wahrgenommen worden (zuerst von Schmid an Eistafeln, die nach einer Ueberschwemmung der Saale liegen blieben und bei der damals herrschenden niedern Temperatur nur langsam schmolzen), ohne dass diese an eine allgemeine, nie fehlende Eigenschaft desselben dachten oder die Bedeutung dieser Eisprismen zu erklären versuchten (nur Hagenbach macht hierin eine Ausnahme). Ich gebe unten die Literatur über diese Beobachtungen vollständig an*). Es wird sich zeigen, dass diese Prismen Eiskristalle sind, welche alle charakteristischen Eigenschaften der Gletscherkörner zeigen und sich nur in zwei Punkten von diesen unterscheiden, in ihrer Gestalt und regelmässigen Orientirung ihrer Axen, zwei Anomalien, die wir auf Grund der Annahme eines molekularen Umlagerungsprozesses nicht nur erklären, sondern a priori voraussagen können. Wir müssen dazu auf die Entstehung der Eisschichten zurückgehen.

---

*) Schmid. Poggend. Annal 131, pag. 142. 1842.
Erman. Reise um die Erde. Histor. Abth. pag. 145, auch Phil. Mary 4, Serie XVII, pag. 405. 1889
Klocke. Jahrbuch für Mineralogie, pag. 127. 1879.
Heim. Pogg. Annal. E. B. V.
Pictet. Archives de Genève, pag. 329. 1882, I.
J. M. Mac Connel and D. A. Kind. Proceed. of the royal Society T. 44, pag. 33.
Thomas Holland. The nature T. XXXIX, pag 295.
Hagenbach. Verhandl. d. naturf. Gesellschaft in Basel, VIII, pag. 821. 1889.

Die Eisbildung an der Oberfläche des freien Wassers ist schon mehrmals untersucht worden*). Schon hier lernt man deutlich einsehen, welchen Fehler man begehen würde, wollte man aus der Gestalt der entstehenden Eisgebilde auf die Lage der optischen Hauptaxe derselben schliessen. Die Bildung beider geschieht vollständig unabhängig von einander. Das Gefrieren der Oberfläche wird gewöhnlich dadurch eingeleitet, dass sich Eisnadeln bilden, die verhältnissmässig rasch über die Oberfläche dahinschiessen und dann etwas stärker werden, so dass ihr Querschnitt einige Quadratmillimeter betragen kann. Diese Nadeln erweisen sich bald als einheitliche Kristalle, deren optische Axe nicht senkrecht zur Gefrierfläche liegt, sondern mit der Längsdimension der Nadeln zusammenfällt. Es ist nun sehr merkwürdig, dass diese Eisnadeln in der einige Tage alten Eisschicht nicht mehr aufzufinden, sondern vollständig verschwunden sind. Schon dies zeigt einen molekularen Umlagerungsprozess an, in Folge dessen diese Nadeln von dem in überwiegender Masse vorhandenen Eise mit senkrecht zur Gefrierfläche gerichteter Axe aufgezehrt wurden.

Zwischen diesen Nadeln, die nur einen sehr geringen Theil der Oberfläche einnehmen, bildet sich eine dünne Eishaut, bestehend aus zarten Nädelchen und Plättchen, die rasch an Dicke zunimmt und ihre Struktur bald nicht mehr erkennen lässt. So verschieden nun auch die Zeichnung dieser Eishaut ist, so scheint dieselbe von Beginn an nach einem einfachen, kristallinischen Gesetze gebaut zu sein. Denn lässt man das Häutchen nur so stark werden, dass man es eben abheben kann, so zeigt es unter dem Polarisationsmikroskope schon an jeder Stelle konzentrische Ringe mit schwarzem Kreuze; an jedem Punkte derselben steht die optische Axe senkrecht zur Gefrierfläche und dies Verhalten behält die Eisschicht während ihres ganzen Wachsthums bei. Es ist bekannt, dass die ganze, noch so starke Eisschicht der Seen und Flüsse sich optisch als ein einaxiger Kristall erweist, dessen Hauptaxe senkrecht zur Gefrierfläche steht. (Doch trifft man, wie schon Klocke bemerkt, öfters eingesprengte Eisstückchen, die eine anders orientirte Axe besitzen.) Man würde nun aber einen grossen Fehlschluss begehen, wollte man aus diesem einheitlichen optischen Verhalten schliessen, dass die ganze Eisschicht wirklich ein einheitlicher Kristall sei. Denn für die optischen Erscheinungen ist nur das Elasticitätsellipsoid massgebend, das um die Hauptaxe herum vollständig symmetrisch gebaut und von der Richtung der Nebenaxen unabhängig ist. Ein Kristall wird aber nicht aufgebaut durch regelmässige Anordnung der Theilchen nur nach einer Axe; denn ausser der Hauptaxe muss noch das vollständig ausgebildete System der Nebenaxen vorhanden sein. Ueber dieses gibt aber die optische Untersuchung keine Auskunft. (Wohl aber, wie wir sehen werden, die Tyndall'schen

---

*) Zuerst von Herrn v. Mairan. Abhandlung vom Eise. Deutsche Uebersetzung Leipzig 1752. Sehr interessantes Buch. Hauptsächlich ferner von Klocke. Jahrbuch für Mineralogie. 1879, pag. 272. Seine Ergebnisse sind von mir bestätigt worden.

Schmelzfiguren.) Nehmen wir nun die Eisschicht so aufgebaut an, dass die Eismolekeln in Bezug auf nur eine Richtung senkrecht zur Gefrierfläche regelmässig angeordnet sind, so wird dadurch der Anforderung, dass dieselben sich möglichst stabil anzuordnen bestrebt sind, noch nicht vollständig Genüge geleistet. Es werden zwischen den Molekeln noch immer Kristallisationskräfte thätig sein, die bestrebt sind, auch das System der Nebenaxen aufzubauen. Zahlreiche der Beobachtung sich entziehende Umstände, verschiedener Luftgehalt, eigenthümliche, bei der optischen Untersuchung hervortretende Zwangszustände der Eismassen werden bewirken, dass an der einen Stelle der Eismassen der Umlagerungsprozess leichter von statten geht und wir so Eispartien haben, die als Kristallisationszentren wirken. Aber da die Eismolekeln schon von Anfang an in Bezug auf eine Axe symmetrisch angeordnet waren, so wird sich diese bevorzugte Richtung während der ganzen Umlagerung geltend machen. Die Eistafel lagert sich um in ein Bündel länglicher, prismatischer, die Tafel quer durchsetzender Kristalle von unregelmässigem Querschnitt, deren Hauptaxen ziemlich genau senkrecht zur Gefrierfläche stehen. In Wirklichkeit macht sich nun dies Bestreben der Molekeln schon während des Gefrierens geltend und schon unmittelbar nach dem Gefrieren ist die Eistafel aus diesen Eisprismen zusammengesetzt. Aber die Molekeln befinden sich nun nicht in einer so stabilen Lage, wie wenn sie einen einzigen Kristall aufbauen. Es muss sich desshalb zwischen diesen Eisprismen ein Recht des Stärkeren geltend machen, im Laufe der Zeit werden die einen an Masse zu, die andern an Masse abnehmen, und die Figuren, in denen diese Eisprismen zusammenstossen, und die aus den beiliegenden Photographien ersichtlich sind, zeigen, dass dieser Umlagerungsprozess gemäss den Hagenbach'schen Anschauungen verläuft.

Dass eine Seeeistafel wirklich aus diesen Eiskristallen zusammengesetzt ist, kann man auf zwei Arten beweisen, mit Hülfe der Tyndall'schen Schmelzfiguren und mit Hülfe der Wärme. Es ist äusserst wahrscheinlich, dass die Tyndall'schen Schmelzfiguren so auftreten, dass ihre Strahlen die Richtung der Nebenaxen angeben; denn in einem einheitlichen Eiskristalle sind sie alle genau gleich orientirt. Entwirft man diese Schmelzfiguren in einer Seeeistafel, so sieht man deutlich, dass sie in jedem Eisprisma zu Eisprisma um einen gewissen Winkel verdreht sind*). Auch die strahlende Wärme wird eine Seeeistafel in ihre Bestandtheile zerlegen, denn sie macht ihre zerstörende Wirkung da zuerst geltend, wo die Molekeln in dem wenigst stabilen Gleichgewichtszustande sich befinden und dies ist ausser an der Oberfläche der Tafel, auch da der Fall, wo zwei oder mehrere Eiskristalle mit ungleich orientirten Nebenaxen zusammenstossen.

Die Erscheinungen, die klare Wassereistafeln zeigen, wenn man sie intensiver Sonnenstrahlung aussetzt, sind folgende: Ist die Oberfläche nicht zu nass oder zu stark

---

*) Hagenbach. Berichte der Basler naturf. Gesellschaft VIII, pag. 821. 1889.

von Schmelzwasserkurven durchzogen, so macht sich bald auf ihr eine netzartige Zeichnung bemerkbar, welche die Oberfläche in unregelmässig geformte Felder von verschiedener Grösse eintheilt. Gleichzeitig treten im Innern leicht gekrümmte Fäden auf, welche die Eistafeln quer durchsetzen und stets in Linien der Oberfläche einmünden. Diese Fäden erweisen sich als die Kapillarröhrchen, wo mehrere der Eisprismen zusammenstossen, oder als eigenthümliche Rollen, welche auf den Seitenflächen derselben selten fehlen. Meistens wird diese Erscheinung schon durch längeres Liegen der Platte im Eisschrank und Eiskeller eingeleitet. Die Oberflächenzeichnung wird allmälig immer deutlicher, die Linien derselben werden zu tiefen Furchen; bald wird die ganze innere Struktur der Eistafel sichtbar und nach genügend langer Zeit theilt sich das Eis so vollständig in die dasselbe zusammensetzenden Kristalle, dass sich dieselben mit Leichtigkeit auseinander nehmen lassen. Diese Eiskristalle sind mit wenig Ausnahmen so orientirt, dass ihre Hauptaxen ziemlich genau senkrecht zur Gefrierfläche stehen. Es sind meistens Säulen von unregelmässigem Querschnitt, die oft durch die ganze Eisschicht hindurchgehen und deren Länge dann gleich der Dicke derselben ist. (Im Winter 1887/88 oft 15—20 Cm.) Oft sind es kegelförmige Gebilde, deren Länge gewöhnlich kürzer als die Dicke der Eisschicht ist, deren Basisflächen in der einen oder andern Stirnfläche der Eistafel liegen und welche dann im Innern der Tafel eigenthümlich ineinandergreifen. Oft sind es niedere spindelförmige Gebilde, die zwischen andern Eiskristallen eingelagert sind. Diese Säulen können ausnahmsweise Querschnitte von einigen Quadratdecimetern erreichen. Oft findet man zwischen diesen immerhin grössern Eisgebilden blosse Eisnadeln, die Ueberreste bereits gänzlich aufgezehrter Eiskristalle. War die Eistafel nicht durch einmaliges längeres Gefrieren, sondern zu verschiedenen Zeiten schichtenweise entstanden, so bildet meistens jede dieser Schichten für sich ein System solcher Eisgebilde.

Um dies Zerfallen der Eismassen deutlicher zu machen, wurden wiederum photographische Aufnahmen hergestellt, von denen einige hier wiedergegeben werden. Alle die Photographien, die sich auf Wassereis beziehen, geben einen klaren Einblick in die Grösse und Form dieser Eisgebilde. — Nr. 2 zeigt eine im Zerfallen begriffene Eistafel, so gesehen, dass Stirn- und Seitenfläche gleichzeitig sichtbar sind, in $^1/_2$ nat. Grösse. Die Oberflächen- und Seitenflächenzeichnung sind deutlich sichtbar und die erstere zeigt das Grössenverhältniss der Querschnitte der einzelnen Kristalle; die Seitenflächenzeichnung erscheint stark verkürzt; zwischen den grösseren Prismen sind deutlich Ueberreste bereits aufgezehrter Prismen sichtbar. Ueber die Grössenverhältnisse an den Seitenflächen der Prismen gibt Nr. 3 Auskunft. Von der 16 Cm. dicken Eisschicht sind $12^1/_2$ Cm. sichtbar. Auch Nr. 4 in $^3/_4$ nat. Grösse zeigt dasselbe.

Diese Eisprismen zeigen alle charakteristischen Eigenschaften der ächten Gletscherkörner; sie unterscheiden sich von diesen nur in zwei unwesentlichen Punkten, ihrer äusseren Gestalt und Orientirung der Achsen, was auf Grund unserer Hypothese auch

der Fall sein muss. Optisch untersucht erweisen sie sich als optisch einaxige Kristalle, fast alle mit ziemlich genau senkrecht zur Gefrierfläche gerichteter Axe. Eine grössere Platte, die man parallel zur Gefrierfläche aus einer Wassereistafel herausschneidet, zeigt die Oberflächenzeichnung, die aber im Polarisationsapparate nicht zu unterscheiden ist; eine jede Stelle zeigt das konzentrische Ringsystem mit schwarzem Kreuze. Würde das Eis sich wie ein idealer optisch einaxiger Kristall verhalten, so müsste natürlich auch die Kronzeichnung auf senkrecht zur Gefrierfläche geschliffenen Platten im Polarisationsmikroskope verschwinden und die ganze Platte sich wie ein Stück eines einzigen Kristalles verhalten. Dies ist nicht der Fall. Schon Klocke*) hat darauf aufmerksam gemacht, dass, wie im Gletscherkorn, auch im Wassereise eigenthümliche Zwangszustände herrschen, welche ein Abweichen von dem regelmässigen optischen Verhalten bewirken, und ich kann diese Beobachtungen nur bestätigen. Eine parallel zur Hauptaxe geschnittene Platte gibt bei gekreuzten Nicols niemals ein absolut dunkles Gesichtsfeld; stets ist noch eine schwache, düstere Färbung vorhanden. In jedem einzelnen Eisprisma scheinen nun diese Zwangszustände verschieden zu sein, denn bei der Stellung der Platte auf Dunkelheit grenzen die Linien, in denen die Eisprismen aneinander stossen, Felder ab, die sich fast immer durch eine schwache Verschiedenheit der dunklen Färbung von einander abheben. Diese geringen Abweichungen vom regelmässigen optischen Verhalten, die ja auch beim Gletscherkorn nicht fehlen, hindern nicht, beide als optisch einaxige Kristalle aufzufassen. Dafür spricht auch das Auftreten der Tyndall'schen Schmelzfiguren, die ich schon oben erwähnte. Ganz besonders aber eignen sich diese Eiskristalle zum Studium der Forel'schen Streifen, die hier unter Umständen ganz besonders schön auftreten.

Die Forel'schen Streifen dürften von Allem, was wir über das Gletscherkorn wissen, noch der dunkelste Punkt sein. Man versteht darunter eine feine Rippung oder Streifung, die an vielen Gletscherkörnern da auftritt, wo sie mit Luft in Berührung sind und sucht sie so zu erklären**), dass sie gleichsam durch Verdunsten des Eises entstehen. Dem widerspricht schon die Thatsache, dass die Streifen hauptsächlich und besonders schön an den Körnern in Eishöhlen auftreten, wo die Luft so mit Wasserdampf gesättigt ist, dass hier ein Verdunsten des Eises schwer fallen dürfte. Es ist mir entgegnet worden, dass hier die Luft doch nicht vollständig mit Wasserdampf gesättigt ist, da hier Reifbildung selten eintritt. Dieser Widerspruch ist absolut nicht stichhaltig, denn Reifbildung tritt trotz gesättigter Luft nur da ein, wo gleichzeitig Temperaturschwankungen vorkommen. In den von allen Seiten von so schlechten Wärmeleitern beinahe gänzlich geschlossenen Eishöhlen werden solche aber nur äusserst selten vorkommen; dagegen ist nicht einzusehen, wie in einem von allen Seiten von schmelzendem

---

*) Klocke. Jahrbuch für Mineralogie, 1880 I, pag. 159.

**) Heim. Gletscherkunde, pag. 121.

Eise umgebenen, vor Luftzug sehr geschützten Raume die Luft anders sein kann, als mit Wasserdampf stark gesättigt. Thatsächlich haben auch Messungen in einer Eishöhle, dem Schafloch, wo die prachtvollsten Forel'schen Streifen wahrzunehmen sind, einen Feuchtigkeitsgehalt der Luft von 100 % ergeben. Man findet ferner die Angabe*), dass diese Streifen Ebenen begrenzen, die mit der Ebene der Tyndall'schen Schmelzfiguren zusammenfallen und desshalb in bestimmter Beziehung zur Kristallstruktur stehen. Allein beim Studium des Eises der verschiedensten Gletscher konnte ich mich überzeugen, dass dies nicht der Fall ist. Die Ebene dieser Streifen kann jeden beliebigen Winkel mit der Axe des Kristalls bilden und steht desshalb wahrscheinlich in keiner Beziehung zur Kristallstruktur.

Alle diese Verhältnisse lassen sich am gewöhnlichen Seeeise besser studiren, da die Streifung hier auch sehr schön auftritt und die Lage der optischen Axe jeweils ohne Weiteres angegeben werden kann. Die Eistafeln, an denen die Streifung studirt werden sollte, wurden erst auf allen Seiten auf einer heissen Metallplatte spiegelglatt geschliffen, mit Filtrirpapier abgetrocknet und dann im Eisschrank oder sonst kalten Orten aufbewahrt. Bei diesen Eistafeln scheinen sich dann drei Sorten von Rippen unterscheiden zu lassen. Man findet erstens oft eine Rippung, bei der man ohne Weiteres im Klaren ist, dass man es mit blossen Schmelzwasserkurven zu thun hat. Sie bilden sich fast immer, wenn grosse Eistafeln im Eisschranke aufbewahrt werden und zwar meistens auf der Gefrierfläche, seltener auf den Seitenflächen. Diese Rippen können so stark sein, dass sie die Oberflächenzeichnung, die Kornzeichnung, undeutlich machen. Sie sind meistens noch mit Wasser gefüllt, geschlängelt, vielfach verzweigt, so dass die ganze Oberfläche aus lauter kleinen Höckern zusammengesetzt erscheint. Diese Rippung ist vollständig unabhängig von der Kristallstruktur und tritt so sehr verzweigt auf, dass sie ebenfalls unabhängig zu sein scheint, wie die Schwerkraft auf das sich bildende Schmelzwasser wirkt. Sie bildet sich bei horizontaler und vertikaler Stellung der Flächen auf gleiche Weise. Photographie Nr. 5 gibt in natürlicher Grösse ein typisches Bild von diesen Schmelzwasserkurven, die an einer die Eisfläche schief durchsetzenden Bruchfläche auftreten. Im Gegensatz zu diesen Rillen, die besonders deutlich an Ebenen parallel zur Gefrierfläche auftreten, steht eine zweite Art von Streifung, die sich fast immer nur an den Seitenflächen der Eisprismen bildet. Diese Rillen sind nie so tief, wie die erwähnten Schmelzwasserkurven, sind niemals so verästelt wie diese und verlaufen leicht geschlängelt in Richtung der Längsausdehnung der Prismen, können aber immerhin mit ihrer Hauptaxe Winkel von 30—40 ° einschliessen. Diese Rillen sehen gleich aus wie die Rillen, die nie fehlen, wenn man zwei oder mehrere Eisprismen auseinandernimmt, sind hier aber, da an vollständig eben geschliffenen Flächen entstanden, wahrscheinlich durch Schmelzwasser hervorgerufen. Es sind desshalb wahrscheinlich

*) Heim. Gletscherkunde, pag. 123.

die Rillen an der Berührung zweier Eisprismen, die sich deutlich von anderen, viel schärfer ausgebildeten Vorsprüngen und Kanten unterscheiden, in denen die Eisprismen ineinander greifen, ebenfalls durch Schmelzwasserwirkung entstanden. Ferner haben diese Rillen so sehr den gleichen Charakter wie die Rillen an der Berührungsfläche zweier Gletscherkörner, dass ich mich entschieden zu der anderwärts schon ausgesprochenen Ansicht bekenne, es seien auch diese Rillen nur durch zirkulirendes Schmelzwasser entstanden. Diese Ansicht gewinnt noch eine Stütze darin, dass sich bei aufmerksamer Betrachtung diese Rillen der Gletscherkörner beinahe stets Wasser haltend zeigen. Ferner wird bei der eigenthümlichen Art und Weise, wie diese Eisprismen des Seeises ineinandergreifen, das auftretende Schmelzwasser sich leichter in ihrer Längsrichtung bewegen, statt von einem Prisma zum andern überzugehen. und so diese Rillen verursachen. Auf Photographie Nr. 3 sind diese Rollen in ganzer, auf Nr. 4 in $^3/_4$ natürlicher Grösse deutlich sichtbar.

Zu diesen beiden Arten von Streifen kommt nun noch eine dritte, die in ihrem ganzen Habitus vollständig den Forel'schen Streifen der Gletscherkörner entspricht. Diese Streifung ist bei Weitem zarter als die beiden erst besprochenen, sie lässt sich oft durch blosses Darüberfahren mit dem Finger wegwischen, oft auch einfach abblasen. Die einzelnen Rillen sind sich viel näher, wodurch die Rippung sehr fein wird, sind meistens ganz unverästelt, meistens ganz gerade oder nur schwach gekrümmt und unterscheiden sich in keinem Punkte von den Forel'schen Streifen des ächten Gletscherkornes. Es gibt kein künstliches Mittel (über einen Versuch in dieser Richtung werde ich weiter unten berichten), diese Streifung hervorzurufen, man ist zum Studium derselben auf diejenigen Eisstücke angewiesen, bei denen sie von selbst zum Vorschein kommt. Sie entsteht nur an möglichst reinen Eisflächen, an denen keinerlei Staub oder sonstige Unreinheiten wahrzunehmen sind; allein auch hier macht man die Erfahrung, dass diese Streifung nicht durch Verdunsten des Eises entsteht. In dieser Richtung stellte ich folgenden Versuch an. An einem Eisblocke, der Forel'sche Streifen zeigte, wurden diese weggewischt und der Block nebst einem Gefäss mit Schwefelsäure unter einer grossen Glasglocke verschlossen, so dass das Eis in vollständig trockener Luft sich befand und die Verdunstung möglichst befördert wurde. Das Ganze wurde im Winter im Freien aufbewahrt. Es zeigte sich dann Folgendes: War die Temperatur so nieder, dass das Eis nicht schmolz, sondern nur verdunstete, so waren niemals Forel'sche Streifen wahrnehmbar. Stieg aber die Temperatur, so dass die Oberfläche des Eisblockes schwach feucht aussah, so traten die Streifen sehr schön auf, um bei Frostwetter zu verschwinden und bei abermaliger Temperatursteigerung wieder zu erscheinen. Dieser Versuch dauerte vier Wochen, und zwei Mal kamen die Streifen so zum Vorschein, wenn neben der Verdunstung noch Schmelzung eintrat. Das geringe Schmelzwasser scheint also von ausserordentlicher Bedeutung für das Auftreten dieser Streifen zu sein, denn wie die Gletscherkörner die Streifung am besten in Eishöhlen zeigen, so entsteht

sie auch am leichtesten am Eise, das im verschlossenen Eisschranke, also in möglich feuchter Luft aufbewahrt wird.

Bei ihrem Auftreten geben die Forel'schen Streifen auch nicht den geringsten Anhaltspunkt, der sie mit der Kristallstruktur des Eises in Zusammenhang bringen liesse. Die Streifung kann sowohl auf der Stirn- als Seitenfläche der Eisprismen (wo diese mit Luft in Berührung sind), als auch an jeder Bruchfläche in jeder beliebigen Richtung verlaufen. Meistens brechen die Streifen an den Krongrenzen ab, um auf dem nächsten Korn eine andere Richtung anzunehmen; oft setzen sie sich über eine ganze Reihe von Kristallen regelmässig fort, so dass grössere Eisflächen gleichförmig gestreift erscheinen. Die Richtung der Streifen ist ferner gänzlich unabhängig von der Richtung der Schwerkraft. Oft schneiden sich zwei Systeme Forel'scher Streifen unter beliebigem Winkel, so dass die Eisfläche regelmässig punktirt aussieht. Auf Photographie Nr. 6 ist an einzelnen Stellen diese Streifung deutlich wahrzunehmen, ganz besonders aber auf Photographie Nr. 7. An einem Eisblocke wurde eine Kante abgeschlagen und nachdem sich nach einigen Tagen diese Forel'schen Streifen zeigten, die Bruchfläche photographirt (ziemlich in natürlicher Grösse). Beinahe auf allen die Eisprismen durchsetzenden Flächen, wie auch an einigen Stellen der Seitenflächen ist die Streifung ausserordentlich schön sichtbar und lässt die Art ihres Auftretens deutlich erkennen. Auch an einigen Stellen der Photographie Nr. 4 ist mit Hülfe der Lupe diese Art von Streifen sichtbar.

Aus alle dem geht deutlich hervor, dass die Forel'sche Streifung mit der Struktur der Eiskristalle nichts zu thun hat; wodurch sie bedingt wird, ist so räthselhaft wie zuvor. Nun kommt aber noch dazu, dass neben Rillen, denen man gleich ansieht, in welche dieser drei Klassen sie gehören, auch solche auftreten, über deren Charakter man gänzlich im Unklaren ist. Es gibt Streifungen, die man ebensowohl für Schmelzwasserkurven (namentlich die zweite Klasse) wie Forel'sche Streifen ansehen kann. Schmelzwasserkurven und Forel'sche Streifen sind nicht streng von einander geschieden: es gibt Streifungen, die den Uebergang zwischen beiden vermitteln. Und nach allen meinen Erfahrungen über die Forel'schen Streifen glaube ich, dass man es auch hier nur mit einer besonderen Art von Schmelzwasserkurven zu thun hat, wobei Temperatur, Witterungsverhältnisse, Zwangszustände des Eises etc. von Einfluss auf die Art und Weise, wie das Schmelzwasser auftritt, sein können. Jedenfalls erfordern diese Streifen noch weiteres Studium.

Auch gegenüber infiltrirenden Flüssigkeiten verhält sich solches Seeeis wie Gletschereis. So lange die Kapillarspalten geschlossen sind, finden Flüssigkeiten keinen Weg durch das Eis, was aber äusserst leicht geschieht, wenn das Eis nach längerer Bestrahlung seine Struktur erkennen lässt.

Lässt man in einem grossen, flachen Gefässe Wasser in kalter Luft gefrieren, so erhält man oft äusserst fein prismatische Eistafeln. Behält man diese im Eisschranke

bei 0° auf, so kommt oft nach 1—2 Tagen die gleiche, kleine Sechsecke darstellende Zeichnung zum Vorschein, wie wir sie beim Eis aus Schnee beschrieben. Diese Sechsecke ändern im Laufe der Zeit ihre Gestaltung und werden immer ungleicher an Grösse, indem die einen Eisprismen auf Kosten der andern an Masse zunehmen und so die gleiche Oberflächenzeichnung zu Stande kommt, wie sie das ältere Seeeis zeigt. Es ist schade, dass es unmöglich ist, solche Wassereistafeln lange Zeit bei 0° aufzubewahren. Denn selbst in den grössten Eiskellern herrscht im Innern eine Temperatur etwas über 0°, und selbst in den innersten Partien kommt das Eis allmälig zur Schmelzung. Zeigen sich aber einmal die Kapillarspalten zwischen den Eisprismen, so kann der molekulare Umlagerungsprozess nicht weiter stattfinden. Die Eisprismen sind desshalb vom Frühjahr bis zum Herbst nur um ein Geringes gewachsen. Betritt man einen Eiskeller im Spätherbste, so wird man staunen, welche Aehnlichkeit manchmal die Eismassen mit Gletschereis zeigen. Manche Stücke zerbröckeln unter den Füssen; die Bruchstücke haben aber nicht die Gestalt der Gletscherkörner, sondern sind die eben beschriebenen Eisprismen.

Tritt, nachdem sich auf den Gewässern eine Eisschicht gebildet hat, Schneefall oder Thauwetter ein, und wiederum Kälte, so bildet sich über dem Wassereise noch eine zweite Eisschicht, in der molekulare Umlagerungsprozesse stattfinden, wie wir sie unter I. beschrieben. Man findet dann Eisplatten, bei denen über dem in prismatische Stücke zerfallenden Eise sich eine zweite Eisschicht befindet, die aus grösseren, nach allen Richtungen gleichmässig ausgebildeten Körnern besteht, über die oft noch grobkörniger Schnee gelagert ist. Es zeigt sich aber deutlich, dass die Umlagerungsprozesse, die in den beiden Eisschichten sich vollziehen, nicht ohne Einfluss auf einander sind. Denn die Eiskörner, die unmittelbar über den Eisprismen liegen, sind schon deutlich senkrecht zur Gefrierfläche in die Länge gezogen. Schleift man aus dieser oberen Eisschicht dünne Platten aus verschiedenen Höhen heraus, so herrscht im Polarisationsapparate das schwarze Kreuz mit konzentrischen Ringen um so mehr vor, je näher man der unteren Eisschichte kommt.

Wie das Gletschereis, so ist auch das Seeeis ein Aggregat von Eiskristallen, die sich genau wie Gletscherkörner verhalten und die Punkte, in denen sie sich von diesen unterscheiden, sind nicht im geringsten Widerspruche mit der Annahme eines molekularen Umlagerungsprozesses.

III. Künstliches Eis.

Wie alle Eissorten, so lagert sich auch das Eis, das künstlich aus gewöhnlichem oder aus gekochtem Wasser dargestellt ist, um in ein Aggregat von kristallinisch aufgebauten Körnern, die im Laufe von Wochen Haselnussgrösse erreichen, um bei

Einwirkung der strahlenden Wärme in diese zu verfallen. Diese Erscheinung ist schon von vielen Physikern beim Arbeiten mit dem Eiskalorimeter beobachtet, aber nicht näher studirt worden. Ferner spricht Pictet*) davon, dass das in seinen Kältemaschinen dargestellte Eis sich mit Hülfe der Lupe aus kleinen Kristallen zusammengesetzt erweise. Ueber das Alter des Eises gibt er nichts an; es geht aber aus der Kleinheit der Kristalle hervor, dass es noch sehr junges Eis gewesen sein muss.

Lässt man Wasser gefrieren, so kann das entstehende Eis ganz verschiedenes Aussehen zeigen. Ich habe bereits oben bemerkt, dass es mir bis jetzt nicht gelungen ist, amorphes Eis herzustellen. Es gelingt aber leicht, aus unterkühltem Wasser Eis zu erhalten, das so fein kristallinisch ist, dass der Brechungsexponent von Stelle zu Stelle wechselt und die Eismasse in Folge dessen ein milchiges Aussehen erhält. Manchmal erstarrt das Wasser zu Eis, das schon von Anfang aus deutlich ausgebildeten Eiskristallen besteht. Oft zeigt das entstehende Eis strahliges Gefüge; aber man kann auch hier wieder die Erfahrung machen, welchen Fehler man begehen würde, wollte man aus dem blossen Aussehen der Eissorte auf ihren kristallinischen Aufbau schliessen. Selbst solch strahlig aussehendes Eis besitzt oft ganz regellose, verworrene Kornstruktur. Wie aber das entstandene Eis auch aussehen möge, stets besteht es, nachdem es einige Tage bei 0° aufbewahrt wurde, aus deutlich ausgebildeten Körnern, die im Laufe der Zeit an Grösse zunehmen, um nach einigen Wochen Haselnussgrösse erreicht zu haben. Diese Körner erweisen sich stets als optisch einaxige Kristalle und zeigen alle die charakteristischen Eigenschaften der ächten Gletscherkörner. Einen dieser Umlagerungsprozesse, dessen Phasen photographisch fixirt wurden, werde ich eingehender beschreiben.

Ein Eiskalorimeter (Länge 16 Cm., Durchmesser 6 Cm.) wurde mit äusserst sorgfältig ausgekochtem Wasser gefüllt und, wie es immer geschieht, von Innen heraus zum Gefrieren gebracht. Dies geschah am 7. Februar 1889. Das Eis liess nicht die geringste Spur von Struktur erkennen und besass die beschriebene, schwach milchige Färbung. Auch zeigten sich, was bei neuem Eise oft der Fall ist, deutlich ausgebildete Eisnadeln. Diese sind auf der Photographie Nr. 9, die unmittelbar nach dem Entstehen des Eises aufgenommen wurde, deutlich sichtbar. Dies Eiskalorimeter wurde nun zwei Monate hindurch in schmelzendem Eise aufbewahrt. Schon am 8. Februar, am zweiten Tage, hatte die Eismasse ihr Aussehen vollständig geändert. Sie war vollständig klar geworden. Der molekulare Umlagerungsprozess hatte bereits die feinste kristallinische Anordnung aufgehoben. Ferner waren die erwähnten Eisnadeln in dem übrigen Eise spurlos verschwunden. Dafür war aber eine feinkörnige Struktur zum Vorschein gekommen. Diese Struktur wurde nun im Laufe der Zeit immer grobkörniger und Ende März waren in der Masse schon haselnussgrosse Eiskristalle vorhanden. Die in

*) Pictet. Archives de Genève. 1877. LIV., 157.

Intervallen von einigen Tagen aufgenommenen Photographien, von denen einige hier wiedergegeben sind (Nr. 9—12), geben ein klares Bild von dem Verlaufe dieses ganzen Umlagerungsprozesses. Die letzten grossen Körner wurden in diesem Falle nicht näher untersucht, denn an einer grossen Anzahl, unter den verschiedensten Bedingungen entstanden, so grobkörnigen Eismassen hatte ich die Körner analysirt und sie stets übereinstimmend als regellos orientirte, optisch einaxige Kristalle gefunden, so dass ohne allen Zweifel auch an den Körnern in diesem Falle dasselbe behauptet werden kann.

Wird ferner solch frisches milchiges Eis bei 0° aufbewahrt, so zeigt sich oft nach 1—2 Tagen auf der Oberfläche desselben die gleiche sechseckige Zeichnung, wie ich sie unter I. beschrieben. Namentlich schön war dies an dem Eise in einer Kochflasche der Fall, die ich nebst einer ganzen Anzahl ebenso gefüllter im Herbst 1887 auf der Furka in einer Schneemulde vergraben hatte. Es lassen sich dann mit einer Nadel kleine Eiskörnchen aus der Oberfläche herausheben. Mit der Zeit verschwindet die Regelmässigkeit der Sechseckzeichnung mit dem Fortschreiten des Umlagerungsprozesses. Sehr schön lässt sich auch bei diesem künstlichen Eise der Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit des Kornwachsthums wahrnehmen. Setzt man frisches, milchiges Eis strenger Winterkälte aus, so dauert es oft mehrere Tage, ehe nur die milchige Trübung verschwunden ist und das Eis sich geklärt hat. Und das Grobkörnigwerden des Eises geht nur äusserst langsam vor sich. Je näher eben die Temperatur an 0° liegt, um so lebendiger werden die Eismolekeln und um so leichteres Spiel haben in Folge dessen die Kristallisationskräfte.

Diese Körner, in die sich j e d e s künstliche Eis umlagert, zeigen alle Eigenschaften der ächten Gletscherkörner. Es sind regellos orientirte, optisch einaxige Kristalle, in denen auch Tyndall'sche Schmelzfiguren hervorgerufen werden können. Auch an ihnen kommen manchmal Forel'sche Streifen zum Vorschein. In Bezug auf Infiltration verhält sich dies grobkörnige Eis genau wie Gletschereis.

Aus dem Allem geht hervor, dass auch die Erscheinungen, die künstliches Eis zeigt, in aller Uebereinstimmung sind mit der Annahme eines molekularen Umlagerungsprozesses.

IV. Eiszapfen.

Wie alle andern Eissorten, so zeigt auch das Eis der Eiszapfen deutlich und schön entwickelte Kornstruktur. Bertin*) hat Eiszapfen optisch untersucht und gefunden, dass sie durchaus verworrene Kristallisation besitzen. Damit stimmt auch das ganze Verhalten ihres Kornes, bestehend in knotigen, kristallinischen, nach allen Richtungen

*) Bertin. Annal. de chim. et phys. 5. série XIII, pag. 283. 1878.

gleichmässig ausgebildeten Stücken mit regellos orientirten Axen. Die Kornstruktur ist deutlich sichtbar auf Photographie Nr. 8, einen grossen Eiszapfen darstellend, der einige Tage im Eisschrank gelegen hatte. Schmelzwasserkurven haben die Kornzeichnung zum Theil verwischt. Mag ein Eiszapfen noch so klar und homogen aussehen, so kommt seine Kornstruktur bei geeigneter Behandlung stets zum Vorschein. Oft zeigen die Eiszapfen schon von selbst Kornstruktur, wenn die Temperatur der Luft einige Zeit in der Nähe von 0° ist und sie vor Nässe geschützt sind. Manche zerbröckeln dann schon unter den Fingern. Im Laufe des Winters 1887/88 hatten sich am nördlichen Ausgange des Tunnels Zürich-Oerlikon mächtige Eisschichten angesetzt. Ende Februar zeigten dieselben so deutliche Kornstruktur, dass man die einzelnen Körner schon im Vorüberfahren vom Eisenbahnwaggon aus wahrnehmen konnte.

— —

Nachdem wir die Erfahrung gemacht haben, dass die verschiedensten Eissorten mit der Zeit sich umlagern zu einem Aggregat kristallinischer, alle Eigenschaften der Gletscherkörner zeigender Kristalle, müssen wir nothwendig zu folgendem Schlusse kommen.

Verstehen wir unter Gletscherkorn nicht bloss die Kristalle des Gletschereises, sondern definiren als Gletscherkorn alle die Eisgebilde, welche sämmtliche Eigenschaften der Körner des Gletschereises zeigen, so können wir die Thatsache konstatiren, dass die Kornstruktur keine Eigenthümlichkeit des Gletschereises, sondern eine allgemeine physikalische Eigenschaft eines jeden Eises ist. Da ferner die Kornbildung des gewöhnlichen Eises sich lediglich als Folge eines molekularen Umlagerungsprozesses ergibt, so können wir mit grosser Wahrscheinlichkeit behaupten, dass die Kornstruktur des Gletschers auf gleiche Weise entsteht und sich im ruhenden, jeder Temperaturschwankung entzogenen Gletscher ebenfalls bilden würde*).

Um über diesen Punkt mehr Gewissheit zu bekommen, haben wir vor Allem die Kornbildungen am Gletscher selbst zu studiren. Ich machte eingehende Studien in

*) v. Helmholtz (Ueber Eis und Gletscher. Vorträge und Reden. Bd. 1, pag. 191) und Heim (Wied. Annal. E. B. V, 1870) haben künstlich Eis dargestellt, das aus optisch einaxigen, verschieden orientirten Kristallen zusammengesetzt war, indem sie grössere Eismassen zerbröckelten und die Bruchstücke zusammenreguliren liessen. Allein es ist klar, dass dies mit der Frage über die Entstehung der Gletscherkörner nichts zu thun hat. Denn diese Eisfragmente waren künstlich durch Bruchflächen hergestellt, während es ja gerade das Charakteristische des Gletscherkornes ist, dass erst durch sein Auftreten die Haarspalten gebildet werden. Das Gletscherkorn ist das Primäre und nicht das Haarspaltennetz.

dieser Richtung an den verschiedensten Gletschern, am Rhone- und Aletschgletscher, den Gletschern der Berninagruppe, dem in diesem Sinne klassischen Unteralpgletscher, dem Grindelwaldgletscher, und oft konnte ich mein Erstaunen darüber nicht unterdrücken, wie genau schon die ältesten Forscher, Agassiz und namentlich Hugi, Firneis und Gletschereis beobachteten, trotzdem sie sich die massgebenden Gesichtspunkte erst selbst schaffen mussten. Ich übergehe hier die Umwandlung des Firns in Firneis. Dieser Umwandlungsprozess ist von allen Beobachtern im Wesentlichen gleich geschildert und erklärt worden, so dass wir darüber im Klaren sind, was wir unter Firneis verstehen. Ich möchte nur auf einen Punkt hinweisen, auf den einzig bis jetzt Hagenbach (loc. cit.) aufmerksam gemacht hat, dass nämlich der Firn sehr oft ohne die Zwischenstufe des Firneises in Gletschereis übergehen kann. Dies geschieht stets da, wo das Schmelzwasser des Firns sich nicht staut, so dass der Firn zu wenig Schmelzwasser aufnimmt, um zu Firneis zu vereisen. Die Firnkörner gefrieren dann nur an ihren Berührungsstellen zusammen, so dass sich hier molekulare Umlagerungsprozesse vollziehen können. Mit der Zeit wird der Firn so immer grobkörniger, die Berührungsstellen der einzelnen Körner überwiegen immer mehr über die Stellen, wo sie durch Luft getrennt sind, so dass der Firn ganz kontinuirlich in Eis übergeht. Doch dieser Umlagerungsprozess ist lange nicht so vorherrschend und interessant, wie die Umwandlung durch Firneis hindurch. Wir verstehen unter Firneis eine kompakte, stark lufthaltige Eismasse, die aus zwei deutlich getrennten Materialien aufgebaut ist, aus den klaren, kristallinischen, rundlichen Eiskörnern, die durch ein trübes Eis zusammencementirt sind. Die Firnkörner sind deutlich wahrnehmbar; das Eis zeigt keinen muscheligen Bruch, denn die Firnkörner werden nicht zerrissen, sondern treten auf der Bruchfläche deutlich hervor. Von einem Netz von Kapillarspalten können wir unter solchen Umständen nicht reden, ausgenommen wir müssen sagen, diese Spalträume sind verhältnissmässig weit und dafür mit trübem Eiscemente ausgefüllt. Setzen wir Eis der Sonnenstrahlung aus, so werden wir stets wahrnehmen, dass zuerst das trübe Eis schmilzt und die Firnkörner gelockert werden. Dies schmilzt, abgesehen von seinem äusserst fein kristallinischen Gefüge, schon aus dem Grunde rascher, weil es in Folge seines grossen Luftgehaltes für jede Art von Strahlung weniger durchlässig ist. Dies Eis geht nun über in das bei Weitem klarere, deutliche Kornstruktur zeigende Gletschereis; das wie ist die grosse Streitfrage, um die es sich hier handelt. Und wenn nun hier behauptet wird*), „das im trüben Eiscement eingebettete, rundliche Firnkorn verwischt sich mehr und mehr und verschwindet vollständig“, so muss ich auf Grund meiner Beobachtungen, die sich vollständig mit denen von Agassiz und Hugi decken, behaupten, nicht das Firnkorn, sondern der Eiscement verschwindet, das Firnkorn bildet sich immer deutlicher aus, bis es sich zum Gletscherkorn entwickelt hat, um

*) Heim. Gletscherkunde, pag. 111.

auch dann noch, aber langsam, weiter zu wachsen. Wir haben es mit einem molekularen Umlagerungsprozesse zu thun, der genau so verläuft, wie der unter I. geschilderte, wobei die bereits kristallinisch aufgebauten Firnkörner als Kristallisationszentren wirken. Die Beobachtung dieses Umlagerungsprozesses wird dadurch möglich gemacht, dass es einem leicht gelingt, sich Firn und Firneis von verschiedenem Alter zu verschaffen. Die jüngste Firnschicht zeigt deutlich das beschriebene Verhalten, rundliche Firnkörner in trübem Eise. Wir haben eine Eismasse vor uns, in der keine Richtung besonders ausgezeichnet ist, und das Endprodukt der Umlagerung, die aus Gletscherkörnern zusammengesetzte Eismasse, wird desshalb auch keine bevorzugte Richtung erkennen lassen. Die Gletscherkörner, nach allen Richtungen hin in ihrer Ausbildung gleichmässig gehindert, nehmen unregelmässige, knotige Gestalt an. Auch in Bezug auf die Lage ihrer optischen Axen herrscht vollständige Regellosigkeit. Es wollen zwar Grad und Dupré*), ebenso Bertin am Ende des Gletschers die Hauptaxe stets senkrecht gefunden haben. Aber in Uebereinstimmung mit Müller**), Klocke**) und Forel**) fand ich selbst am Ende des Gletschers noch so vollkommene Regellosigkeit der Axenrichtungen, dass ich nicht begreifen kann, wie entgegengesetzte Beobachtungen gemacht werden konnten. Vielleicht ist es möglich, dass jene Beobachter sich nur die besonders schön entwickelten Körner der blauen Blätter aufsuchten, bei welchen, worauf ich noch zurückkommen werde, eine bevorzugte Axenrichtung sich geltend macht. Der Umlagerungsprozess des Firneises macht sich bald auf zweierlei Art bemerkbar. Die Firnkörner verlieren allmälig ihre Rundung und nehmen deutlich immer mehr eckige Formen an. Setzt man älteres Firneis der Sonnenstrahlung aus, so kann man es stets in eckige Körner zertheilen. Dann aber macht sich der Umlagerungsprozess zweitens auch an dem Luft- und Schmutzgehalt bemerkbar. Die sich umlagernden Eismassen umklammern einen Theil der Luftbläschen oder Schmutztheilchen und schaffen sie so ins Innere der sich bildenden Eiskristalle, wo sie nicht mehr entweichen können; den grösseren Theil der Luftbläschen und des etwa vorhandenen Schmutzes treiben sie gleichsam vor sich her und vereinigen so die kleinen Luftbläschen zu grössern. Prüft man Gletschereis aufmerksam, so wird man die Luftbläschen fast immer da finden, wo ein Zerfallen in Körner eintritt. Es wäre ein Irrthum, zu glauben, dass die Luftbläschen durch ihre Anwesenheit dies bewirken, denn die Luftbläschen sind eben dahin geschafft worden, wo sich die Masse unter dem Einfluss der Wärme schon von selbst theilt. Mit der Zeit sammeln sich die Luftbläschen immer mehr an, nehmen die Firnkörner an Volumen

---

*) Grad und Dupré. Comptes rendus. Vol 69, pag. 955. 1869.
Bertin. Comptes rendus. Vol 63, pag. 346. 1866.

**) Müller. Poggend. Annal. 147, pag. 624. 1872.
Klocke. Neues Jahrbuch für Mineralogie I, pag. 23. 1881.
Forel. Archives de Genève, pag. 329. 1882.

zu, und Hand in Hand damit verschwindet allmälig der Unterschied zwischen klarem Korn und trübem Eiscement, bis wir schliesslich nur klares, aber stark lufthaltiges Eis vor uns haben. Aber die Firnkörner sind nicht in dem trüben Eiscement verschwunden, sondern dieser ist von jenen aufgezehrt worden. Wir haben Gletschereis vor uns, das sein Haarspaltennetz in Folge seines starken Luftgehaltes nicht so leicht, aber bei sorgfältiger Untersuchung doch deutlich zeigt. Firnkorn und Gletscherkorn sind im Wesentlichen ein und dasselbe. Der ganze Unterschied zwischen Gletschereis und Firneis besteht darin, dass sich im ersteren die Körner unmittelbar berühren oder nur durch Luftbläschen getrennt sind, während wir im letzteren weitere, dafür aber mit trübem Eise ausgefüllte Zwischenräume vor uns haben. In dem Maasse, wie dieses von den Körnern allmälig aufgenommen wird, nähert sich die Masse in ihrem Verhalten immer mehr dem Gletschereise. Es wäre aber ein Irrthum, sich im Gletscher diesen Uebergang scharf markirt vorzustellen. Von Stelle zu Stelle im Firneise ist dieser Umlagerungsprozess verschieden weit fortgeschritten. Eine ganze Reihe von Nebenumständen, z. B. das Mengenverhältniss von Korn und Cement, Schmelzwasser u. s. w., sind von grösstem Einflusse auf die Raschheit dieser Umwandlung. Und wenn desshalb Heim (loc. cit.) schreibt, dass es bis jetzt nicht gelungen sei, die Grenze zwischen Firneis und Gletschereis zu ermitteln, so glaube ich dies sehr wohl. Denn dies ist ein Ding der Unmöglichkeit, eben weil es keinen scharf markirten Uebergang gibt. Es ist ein stetiger Umwandlungsprozess von Firneis zu Gletschereis, der sich im ruhenden, jeder Temperaturschwankung entzogenen Gletscher ebenfalls vollziehen würde. Gehen wir von einem Stückchen Firneis, sei es in horizontaler oder vertikaler Richtung, weiter, so treffen wir überall stetige Uebergänge. Der einzige Unstetigkeitspunkt ist die Stelle, wo Firn und Firneis geschieden sind.

Bei Weitem schwieriger für die Beobachtung als diese Umwandlung des Firneises in das klare, stark lufthaltige Eis ist die weitere Umformung dieses in luftarmes Gletschereis, weil sich diese Umwandlung hauptsächlich in der Tiefe des Eisstromes vollzieht. Auf Grund unserer Theorie der Gletscherkornbildung ist es aber nicht schwierig, sich ein klares Bild davon zu verschaffen, das der Wirklichkeit sehr entsprechen dürfte. In erster Linie geht hier der molekulare Umlagerungsprozess weiter. Die Eismolekeln suchen sich zu einem möglichst stabilen Gleichgewichtszustande anzuordnen, was um so vollständiger geschieht, je weniger und dafür um so grössere Körner die Eismasse zusammensetzen. Die Eiskristalle sind nicht alle gleichwerthig, im Kampfe ums Dasein werden sich die einen auf Kosten der andern weiter entwickeln. Ist diese Vorstellung richtig, so müssen wir an allen Stellen des Gletschers Gletscherkörner verschiedener Grösse finden. Dies ist nun stets der Fall. Genauere Beobachtungen an einer sehr grossen Anzahl von Eisstücken aus allen Theilen des Gletschers haben mir gezeigt, dass zwischen grossen Körnern stets kleinere sitzen, oft nur kleine Eisstückchen, kleine Kornreste, und diese namentlich da, wo mehrere grosse Körner

zusammenstossen, wobei es manchmal den Eindruck macht, als liefen die Längsdimensionen dieser grösseren Körner in diesem Punkte zusammen. Dieses Vorhandensein kleiner Kornreste ist namentlich schon von Klocke (loc. cit.) und von Sèvé*) hervorgehoben worden. Der Umlagerungsprozess wird aber, wie oben beschrieben, auch auf die Luftbläschen von Einfluss sein. Ein Theil derselben gelangt in das Innere der Gletscherkörner, wo sie immer sehr leicht wahrzunehmen sind. Der grössere Theil der Luftbläschen aber wird in das Kapillarspaltennetz getrieben. Aus den Partien der Oberfläche des Gletschers kann diese Luft durch infiltrirendes Schmelzwasser leicht fortgeschafft werden, so dass das Eis dann selbst nicht stark lufthaltig erscheint. Im Innern des Gletschers wird aber auch dieser Theil der Luft stets anwesend sein. Kommen nun aber diese Eispartien an Stellen im Gletscher, wo sich das Haarspaltennetz bilden kann, z. B. an die Oberfläche, an Spalten etc., so wird das Schmelzwasser, das ja in Berührung mit dieser Luft entsteht, dieselbe auflösen und fortschaffen. Sobald im Eis das Haarspaltennetz zu Stande kömmt, so wird dasselbe schon dadurch bedeutend von Luft befreit. Die Oberfläche des Gletschers und die Spalten wirken so gleichsam als dessen Athmungsorgane. Da im Innern des Gletschers das Haarspaltennetz geschlossen ist, so werden sich hier die Körner am innigsten berühren und wird daselbst der hauptsächlichste Ort des Kornwachsthums sein. Wir müssen daselbst auch die grössten Gletscherkörner finden. Dies lässt sich oft einfach beobachten, ohne dass man in die Eismasse eindringt. Vergleicht man z. B. die Eismassen oberhalb und unterhalb des Rhonegletschersturzes, so wird man erstaunt sein über das rasche Wachsthum der Körner auf dieser kurzen Strecke, die der Gletscher mit grösster Geschwindigkeit durcheilt. Während die Körner oben Hühnereigrösse erreichen, trifft man unten oft mehr als faustgrosse Eisklumpen. Während des Sturzes sind eben die inneren Gletscherpartien zum Vorschein gekommen. Man findet ferner unter den schwimmenden Eisbergen des Märjelensees Eisklumpen mit bei Weitem grössern Körnern als die Gletschermasse am Ufer zeigt. Es sind dies eben Eisblöcke, die am Fusse der in den See sich senkenden Eiswand losgebrochen sind.

In den Eiskörnern trifft man oft flüssiges Wasser an, über dessen Entstehung schon die kühnsten Hypothesen aufgestellt wurden. Dies Wasser erklärt sich ohne Weiteres durch die Thatsache, dass unter dem Einfluss der Wärmestrahlung zuerst das Eis an der Oberfläche der Kristalle schmilzt. Ein Hohlkörper hat aber nicht eine, sondern zwei nicht zusammenhängende Oberflächen. Auch wo ein Luftbläschen in einem Eiskorn einen Unstetigkeitspunkt bildet, befinden sich die Eismolekeln in einem weniger stabilen Gleichgewicht, das durch die Wärme leicht gestört wird. Das Wasser in den Eiskörnern ist also blosses Schmelzwasser von ihrer inneren Oberfläche und kann bei Kälte verschwinden, bei Wärme wieder zum Vorschein kommen. Dieser Vorgang kann wiederum luftreinigend auf das Eis wirken. Denn das Eis

*) Sèvé. Les glaciers de Justedol. 1870.

schmilzt rings um das Bläschen herum, das Schmelzwasser sammelt sich aber an der tiefsten Stelle desselben an, wo es bei Kälte gefriert. Abwechselnde Einwirkung von Wärme und Kälte lassen so die Luftbläschen senkrecht in die Höhe wandern, bis sie in das Haarspaltennetz eintreten.

Diese ganze Kornstruktur kann somit durch einen molekularen Umlagerungsprozess erklärt werden und würde sich im ruhenden Gletscher ebenso vollziehen, wobei aber wahrscheinlich der Luftgehalt des Eises ein anderer wäre. Damit steht in vollster Uebereinstimmung, dass Schnee, der in Spalten fällt und daselbst verharrt, in Gletschereis verwandelt wird. (Hierauf werde ich noch zurückkommen.) Würden wir uns einen ganzen Gletscher plötzlich aus gefrorenem Wasser oder Firneis entstanden und auf seiner Schmelztemperatur erhalten und stille stehend denken, so würde er ebenfalls Kornstruktur annehmen. Das Eis desselben würde sich nur durch grösseren Luftgehalt auszeichnen und die Grösse der Körner wäre im Wesentlichen an allen Stellen dieselbe. Die Korngrösse ist ceteris paribus nur Funktion des Alters des Eises. Heim (loc. cit. pag. 301) sucht dies dadurch zu widerlegen, dass die Eismassen am Gletscherrand kein grösseres Korn zeigen als das Eis in der Mitte der Oberfläche des Gletschers, wo das Eis in Folge der raschen Bewegung des Gletschers jünger ist. Dieser Einwand ist nicht stichhaltig, denn gerade in Folge der lebhafteren Bewegung der Eismassen in der Mitte des Gletschers wird derselbe hier mehr aufgewühlt und werden dadurch mehr Eismassen aus dem Innern des Gletschers an die Oberfläche befördert.

Ich habe bis jetzt ein Bild von dem Verhalten und Entstehen des Gletscherkornes gegeben, wie es bei dem überwiegend grossen Theil der Gletschermasse der Fall ist. Es ist nun am Platze, auf das Verhalten des Gletscherkornes in einigen Unstetigkeitspunkten des Gletschers hinzuweisen, die man als Schichtung des Gletschers oder dessen Blätter bezeichnet. Ueber das, was man als Schichtung und Blätter zu bezeichnen pflegt, herrscht in der gesammten Literatur über Gletscher eine heillose Verwirrung, und selbst Derjenige, der sich in dem sonst klaren Buche von Heim über diesen Punkt Klarheit verschaffen will, wird sich vergeblich damit abmühen. Es ist unmöglich, das gesammte Material, das über diesen Punkt schon publizirt ist, kritisch zu behandeln, denn selbst ein grosser Theil der Beobachter drückt sich so unbestimmt aus, dass man oft nicht im Klaren ist, was eigentlich beobachtet wurde. Ich will meinerseits hier nur eingehen auf ein etwas abweichendes Verhältniss des Gletscherkornes, das an drei verschiedenen Arten von Unstetigkeitsstellen der Eismassen auftritt.

1. Die horizontale Schichtung des Gletschers.

An den meisten Spalträndern, namentlich aber in den oberen Theilen des Gletschers, beobachtet man eine horizontale Schichtung des Eises, die sich meistens noch deutlich bis zum Gletscherrande verfolgen lässt. So zeigt sie sich z. B. ausgezeichnet schön

an der obersten Eiswand des Sturzes des Rhonegletschers, und selbst am Gletscherthor desselben ist sie noch deutlich sichtbar, so dass sie photographirt werden konnte. Diese Art von Schichtung ist ziemlich übereinstimmend beschrieben und erkannt worden als herrührend von periodischem Schneefall. Da diese Schichten aber eine Mächtigkeit von mehreren Metern aufweisen, zu gross, um durch einmaligen Schneefall entstanden zu sein, so ist wahrscheinlich, dass jeweils der Schneefall während eines ganzen Winters solch eine Schicht entstehen lässt, die wir desshalb füglich als „Jahrringe des Gletschers“ bezeichnen können. Das Eis an der Oberfläche dieser Schicht zeichnet sich in erster Linie aus durch ausserordentlich grossen Gehalt von Sand und Schmutz, der sich im Sommer auf der Gletscherfläche gesammelt hat. Dieser Schmutz findet sich nun nicht nur in den Haarspalten, sondern sehr häufig auch im Innern der Körner. Auf Grund unserer Hypothese über das Entstehen des Gletscherkornes ist es aber nicht schwierig zu erklären, wie fremde Körper in das Innere der klaren Eiskristalle gelangen können. Denn auf Verunreinigungen des Eises wird der molekulare Umlagerungsprozess auf gleiche Weise wirken wie auf die Luftbläschen. Ein Theil des Schmutzes wird in die Kapillarspalten getrieben, ein anderer wird durch die sich umlagernden Eismassen umklammert und kommt so in das Innere der Gletscherkörner, wo er nicht mehr entweichen kann. Die Körner in der Schichtfläche sind stets etwas grösser als im benachbarten gewöhnlichen Gletschereise. Es hat, worauf ich noch zu sprechen kommen werde, Forel eine Theorie des Kornwachsthums aufgestellt, die, wenn auch nicht im Innern des Gletschers, so doch an der Oberfläche desselben verwirklicht sein kann. Würde dies der Fall sein, so würde sich diese Art von Kornwachsthum addiren zu derjenigen durch blosse Umlagerung und so die Grösse dieser Gletscherkörner erklären. Manchmal hatte ich den Eindruck, als würde bei den Körnern der Schichtfläche eine zur Schichtfläche senkrechte Stellung der Axen bevorzugt sein, doch wage ich hierüber noch kein bestimmtes Urtheil abzugeben. In ihrem ganzen Verhalten zeigen sich schon Spuren von Aehnlichkeit mit den Körnern der blauen Blätter.

2. Weisse Blätter.

Ich verstehe darunter grössere Gebilde eines reinen weissen Eises, die in die übrigen Gletschermassen eingesprengt sind. Sie haben die Gestalt von Platten, die oft viele Meter lang (ihre Höhe konnte ich nicht ermitteln, Sèvé gibt als Maximum 7—10 Meter an) und meistens nur einige Centimeter oder Decimeter breit sind. Heim gibt eine Breite bis zu mehreren Metern an, was ich aber bis jetzt noch nie beobachten konnte. Diese weissen Blätter treten meistens am Fusse von Gletscherbrüchen auf, und ferner da, wo man im Gletschereise die Zeichen früherer, jetzt geschlossener Spalten wahrnimmt. Das Eis dieser weissen Blätter erweist sich als ein von Sand und Schmutz freies, äusserst lufthaltiges und dadurch sehr weisses Eis von bedeutend kleinerem

Korn als das umgebende Eis. Auch das Entstehen dieser Blätter ist nicht schwierig zu erklären. Sie sind aus Schnee hervorgegangen, der in den Spalten liegen blieb. Schliesst sich dann die Spalte, dann wird der Schnee komprimirt, bis Regelation eintritt, und in demselben können dann Umlagerungsprozesse stattfinden, wie sie unter 1. beschrieben wurden. Für diese Anschauung spricht ferner die Thatsache, dass man öfters an den Enden der weissen Blätter noch die Spur der früheren Spalte weiter verfolgen kann. Wir haben nun einfach jüngeres, kleineres Korn zeigendes Eis im ältern eingeschlossen. Da die Körner mit abnehmender Geschwindigkeit wachsen, so wird mit der Zeit das weisse Eis der Blätter sich dem umgebenden Gletschereise immer mehr nähern und die weissen Blätter werden, wie man stets beobachtet, allmälig in dem übrigen Eise verschwinden. Auf diese weissen Blätter und die Art ihres Entstehens hat zuerst Desor aufmerksam gemacht.

3. Blaue Blätter.

Ueber diese blauen Blätter herrscht in der gesammten Literatur über Gletscher eine solche Verwirrung, dass man oft im Unklaren ist, welche Art von Eisgebilden von den betreffenden Beobachtern wirklich gemeint und blaue Blätter genannt sind. Bevor ich zur Beschreibung dessen übergehe, was ich als blaue Blätter bezeichne, möchte ich eine Bemerkung ganz allgemeiner Natur vorausschicken. Beschreibt man nämlich die Lage irgend welcher Eisgebilde im Gletscher, so hat man streng zu trennen die Lage, in welcher diese Gebilde entstehen, von der Lage, in welche sie, wenn einmal entstanden, durch die Bewegung des Gletschers gebracht werden. Nehmen wir z. B. Eisgebilde an, die im oberen Theile des Gletschers entstehen in senkrechten Ebenen, die unter spitzen Winkeln gegen die Axe des Gletschers einfallen, so werden als einfache Folge der Thatsache, dass in der Mitte der Gletscheroberfläche sich der Gletscher rascher bewegt als am Rande oder am Grunde, diese ebenen, plattenförmigen Eisgebilde auseinandergezogen werden zu löffelartigen, ineinandergelagerten Schalen, wie z. B. Heim die Lagerung der blauen Blätter gegen das Ende der Gletscher hin beschreibt.

Ich verstehe unter blauen Blättern grosse Eislamellen, die sich in dem gewöhnlichen Gletschereise eingesprengt vorfinden und die den grössten Gegensatz bilden zu den weissen Blättern, denn sie bestehen nicht aus stark lufthaltigem, kleinkörnigem, sondern aus sehr luftfreiem, sehr grosse Körner zeigendem Eise. Die Körner dieses blauen Eises unterscheiden sich von den Körnern des übrigen Eises durch so charakteristische Eigenschaften, dass ein geübtes Auge schon dem einzelnen Korn seinen Ursprung ansehen kann. Vor Allem ist das Korn auffällig durch seine Grösse. Während das gewöhnliche Eis selten Körner bis Faustgrösse aufweist, zeigt das blaue Eis sehr oft noch bedeutend grössere Körner. Namentlich die ausnahmsweise grossen Gletscherkörner, die Hagenbach und Andere beschreiben, stammen meiner Ueberzeugung nach aus

blauem Eise. Zweitens unterscheiden sich diese Körner der blauen Blätter von den übrigen, dass ihre Grösse gegen das Gletscherende hin nicht kontinuirlich wächst, sondern sie überall ziemlich gleiche Grösse zeigen und oft, sobald die blauen Blätter auftreten, schon Maximalgrösse erreicht haben können. So findet man auf dem Unteraargletscher sehr kurz unterhalb des Abschwungs blaue Blätter mit mächtigen Gletscherkörnern, Körner beinahe so gross, wie sie die blauen Blätter am Gletscherende zeigen und bedeutend grösser als die Körner sind, die die übrige Eismasse des Unteraargletschers selbst an seinem Ende zeigt. Drittens unterscheiden sich die Körner des blauen Eises von den übrigen ganz auffällig durch ihre Gestalt. Obwohl auch unter ihnen grossknotige, nach allen Richtungen gleichmässig ausgebildete Brocken vorkommen, so haben sie doch in überwiegend grosser Mehrzahl die Form von ebenen Platten, bei denen zwei Dimensionen die dritte oft ums Drei- bis Fünffache übertreffen und die sämmtlich so gelagert sind, dass sie in Richtung senkrecht zur Richtung des Blattes zusammengedrückt erscheinen. Auf diesen Punkt hat schon Forel aufmerksam gemacht. Diese Platten zeigen oft äusserst bizarre Unmasse. Im Herbst 1889 hatte ich auf dem Unteraargletscher eine grosse Anzahl Photographien besonders charakteristischer Körner aufgenommen, allein die Platten waren schlecht präparirt und verdarben während des Entwickelns. Und wie die Gestalt dieser Körner eine besonders ausgezeichnete Richtung erkennen lässt, so ist dasselbe mit bei der Orientirung ihrer Axen der Fall. Bei der Mehrzahl der Körner geht die Axe in ungefähr gleicher Richtung in den Gletscher hinein wie das Blatt, während die Ebene senkrecht dazu der Richtung, in der das Blatt verläuft, parallel ist. Zwischen den Körnern der blauen Blätter sind ferner kleine Kornreste nur äusserst selten vorhanden. Auch die feinen Rillen der gewöhnlichen Gletscherkörner sind hier sehr selten, dafür ist aber eine andere stark ausgeprägte Rippung vorhanden, die man für Schmelzwasserkurven ohne Weiteres erkennt. Diese Rippen sind ziemlich tief, verlaufen parallel der optischen Axe und es ist oft deutlich zu sehen, dass die benachbarten Körner nicht in diesen Rippen ineinandergreifen. Denn oft entspricht einer Vertiefung des einen Kornes keine Erhöhung des anderen Kornes, sondern ebenfalls eine Vertiefung. Dies ist auch schon von Heim, Poggend. Annal. E. B. V. 1870, beschrieben.

Zu einer Vermuthung über die Entstehung dieser Blätter werden wir geführt bei der Untersuchung ihrer Vertheilung auf dem Gletscher. Nach meiner festen, auf zahlreiche Beobachtungen gegründeten Ansicht besteht eine innige Beziehung zwischen diesen Blättern und den Wasserläufen des Gletschers. Zahlreiche Beobachtungen haben mich zu dem Resultate geführt, dass man auf dem Gletscher keinen Wasserlauf findet, es sei denn, dass er sich eben ein frisches Bett gewählt hat, unter dem sich nicht senkrecht in den Gletscher hinein ein Band blauen Eises erstreckt, dessen Korn alle die hier besprochenen Eigenschaften aufweist, und an diesen Blättern im oberen Theile wird man meistens noch deutlich erkennen, dass über sie hinweg früher Wasser seinen

Lauf genommen hatte. Wenn ein Gletscherbach sein Ende nimmt, indem er in einen Spalt stürzt, so ist das blaue Eisblatt auch nur bis hier und nicht weiter zu verfolgen. Haben sich quer durch einen Wasserlauf hindurch Spalten gebildet, so ist die Fortsetzung des blauen Blattes jeweils an dem jenseitigem Rande der Spalte deutlich sichtbar und lässt sich an den Spaltenwänden auf bedeutende Tiefe hinab verfolgen. Theilt sich ein Wasserlauf in mehrere Arme, so thut das blaue Blatt an dieser Stelle dasselbe, umgekehrt vereinigen sich die Blätter, wo Gletscherbäche sich vereinigen. Die Breite dieser Blätter ist immer nur wenig grösser als die Breite des Baches, und bei breiten Bächen ebenfalls bedeutend. Rechts oberhalb des Rhonegletschersturzes fliesst ein mächtiger Gletscherbach und ihm entsprechend ein Blatt von $1^1/_2$ Meter Breite. Durch die Bewegung des Gletschers ändern die Blätter ihre Gestalt und werden zu den beschriebenen, löffelförmigen Gebilden ausgezogen. Bilden sich über Stellen, wo schon durch den Gletscher verzogene Blätter sich finden, neue Wasserläufe, so entsprechen diese neuen, senkrecht gestellten Blättern, und wir erhalten so Blätter, die sich unter schiefen Winkeln schneiden. Dies hat schon Heim beobachtet. Am Unteraaregletscher konnte ich in einer Spalte nahe der Mittelmoräne, ungefähr auf halbem Wege zum Pavillon Dollfuss, drei sich schneidende blaue Blätter wahrnehmen. Mit der Schichtung des Gletschers hat diese Blätterstruktur nicht das Geringste zu thun. Namentlich in den oberen Partien des Gletschers, wo die unter den Bächen entstehenden Blätter noch senkrecht gestellt sind, schneiden diese die Schichtung unter rechten Winkeln. Mit der Entstehung dieser Blätter durch die Wasserläufe stimmt auch sehr gut die Art ihres Auftretens in Bezug auf die Strömungsrichtung des Gletschers, wie sie Heim beschreibt. Denn in den Partien des Gletschers, die dem Rand nicht zu benachbart sind, fliesst das Wasser in Richtung des grössten Gefälles, die Spalten bilden sich aber senkrecht dazu, woraus folgt, dass Spalten und blaue Blätter sich senkrecht durchsetzen müssen, die Blätter also stets die Richtung parallel der Zugrichtung, senkrecht zur Druckrichtung einhalten. Stossen zwei Gletscher zusammen, so wird stets der eine oder beide einen Bogen beschreiben, die Krümmung der Wasserläufe wird dann noch konvexer sein als diejenige der Gletscherkrümmung, die an und für sich wieder konvexer ist als die Krümmung des Thalbodens, und die Wasserläufe werden desshalb meistens in die Mittelmoräne einmünden, wo dann, wie beobachtet, in Folge der grösseren Wassermassen zahlreiche blaue Blätter entstehen. Geht ein Gletscher durch eine Stelle, wo er stark seitlich gequetscht wird, so wulstet sich seine Oberfläche, so dass stets mehrere kleinere Wasserläufe entstehen und dem entsprechend zahlreiche blaue Blätter. Auch alle von oben kommenden Wasserläufe treten an solchen Stellen näher zusammen. Die blauen Blätter sollen ferner namentlich am Fusse der Gletscherstürze zum Vorschein kommen, sich quer über den Gletscher erstreckend. Bei den beiden Gletscherstürzen, die ich näher untersuchte, dem des Rhonegletschers und des unteren Grindelwaldgletschers, fand ich dies bestätigt. Diese Gletscher zeigen aber

schon oberhalb schöne blaue Blätter; während des Sturzes wird sich aber hauptsächlich dies Ausziehen der Blätter und die löffelförmigen Gebilde vollziehen, so dass dann unterhalb derselben die vorderen Ende derselben, den Gletscher quer durchsetzend, zum Vorschein kommen. Ferner wird bei der starken Abschmelzung während des Sturzes hauptsächlich das gewöhnliche Eis verschwinden und so am Fusse der Steilterrasse das blaue Eis deutlicher hervortreten.

Gestehen wir eine Beziehung der blauen Blätter zu den Wasserläufen zu, so werden wir das ganz besondere Verhalten ihres Kornes einer Wirkung des Wassers zuschreiben und einzelne ihrer Eigenschaften können wir so erklären. Das Schmelzwasser wird eine um ein Geringeres höhere Temperatur besitzen als 0° und desshalb lösend auf die Eispartien wirken, die es durchsetzt. Darunter haben namentlich die kleineren Körner zu leiden, da ihre Oberfläche im Verhältniss zum Volumen grösser ist. Wir werden darum auch nur selten kleinere Körner vorfinden. Durch Wasserwirkung erklärt sich auch die starke Rippung der Körner. Es sind dies eben die Wege, auf denen das Wasser seinen Weg in die Tiefe nimmt. Da diese Rippen oft den feinen Rippen der übrigen Gletscherkörner entsprechen, so glaube ich desshalb auch, dass diese nur Wirkung des Schmelzprozesses sind. Auch die ganz besondere Grösse der Körner kann Wasserwirkung sein, indem das Wasser bei starker Kälte entsprechend der Hypothese von Forel an die Körner angefriert. Es ist dann nicht unmöglich, dass dies gefrierende Wasser, welches wie in der Natur gefrierendes Wasser immer mit senkrechter Axe zu gefrieren sucht, gleichsam einen Zwang auf die Körner ausübt und sie zu bewegen sucht, durch molekulare Umlagerung ihre Axen senkrecht zu stellen. Wie aber die plattige Gestalt der Körner durch Wasserwirkung zu erklären ist, ist mir unergründlich.

Ich glaube hier einen neuen Gesichtspunkt aufgestellt zu haben, unter dem die blauen Blätter zu betrachten sind. Selbstverständlich sind noch zahlreiche Untersuchungen in dieser Richtung nöthig. Was für mich aber feststeht, ist eine innige Beziehung zwischen den blauen Blättern und den Wasserläufen des Gletschers. Diese Beziehung wird noch wahrscheinlicher dadurch, dass man unter beinahe allen Wassertümpeln auf dem Gletscher Säulen blauen Eises findet, die sich senkrecht in den Gletscher hineinstrecken und in ihrem Querschnitt dem Tümpel entsprechen. Das Eis dieser blauen Säulen zeigt alle oben erwähnten Eigenschaften, die plattigen Körner sind alle senkrecht gestellt, eine weitere Orientirung machte sich mir nicht bemerkbar.

Ferner findet man oft an Spaltwänden, die einer Wasserwirkung stark ausgesetzt sind, einige Centimeter dicke Schichten eines ebenfalls klaren blauen Eises, das sich den eben besprochenen blauen Blättern sehr ähnlich zeigt. Es ist desshalb nichts Seltenes, dass man weisse Blätter findet, die zwischen zwei dünnen blauen Blättern in das übrige Eis eingelagert sind.

Für ein Entstehen des blauen Eises durch Wasserwirkung spricht auch das Verhalten der mächtigen Eisgebilde, die man in Eishöhlen antrifft. Zum Studium des

Eises dieser Eishöhlen begab ich mich im Herbst 1889 nach dem Schafloch, einer mächtigen Eishöhle im Justidal in einer Felswand des Rothhorn gelegen. Diese Eishöhle ist in den Jahrbüchern des S. A. C. schon mehrfach ausführlich beschrieben, so dass ich mich auf Charakterisirung ihres Eises beschränken kann. Der Boden dieser Eishöhle ist bis auf das letzte Viertel mit mächtigen Felsblöcken bedeckt, über die hinweg kletternd man in ihre hinteren Partien gelangt. Schon wenige Meter vom Eingange entfernt trifft man zwischen diesen Blöcken zerstreut faustgrosse bis kürbisgrosse Eisstücke liegen. Diese Eisstücke sind sämmtlich aus etwa haselnussgrossen Eiskörnern zusammengesetzt, und das Haarspaltennetz ist so vollständig ausgebildet, dass man die Körner ohne Weiteres auseinander nehmen kann. Je mehr man in die Tiefe ging, um so zahlreicher traten diese Klumpen auf, überwogen schliesslich in ihrer Masse die Felsblöcke und bildeten endlich eine mächtige, zusammenhängende Eisschicht, die sich über die Felsen hinweg bis an das hintere Ende der Höhle erstreckte. Das hinterste Ende der Höhle liegt viel tiefer als der Eingang, so dass sich der Boden sehr steil in die Tiefe senkt und ebenso diese Eisschicht, so dass ein Begehen derselben ohne Stufen nicht möglich ist. Trotz dieses mächtigen Eisfalles aber zeigt das Eis nirgends Spalten oder auch nur Sprünge, sondern bildet eine spiegelglatte Oberfläche. Dies rührt daher, dass zur Spaltenbildung die Eisschicht doch zu dünn sein mag und es anderseits fraglich ist, ob eine Eisbewegung überhaupt zu Stande kommt, da das Eis in den Felsblöcken des Grundes festen Halt findet. Trotz dieser äusserst geringen Bewegung zeigt das Eis sehr schöne Kornstruktur. Seine Oberfläche ist zwar lange nicht so verwittert wie die Gletscheroberfläche, allein bei der Fackelbeleuchtung zeigt sich ein haarscharfes Kapillarspaltennetz, welches das Eis in nussgrosse bis hühnereigrosse knotige Brocken zerlegt. Die Wärme der Fackel genügt schon, um Tyndall'sche Schmelzfiguren hervorzurufen, die eine regellose Orientirung der Axenrichtung ergeben. Der letzte flache Theil der Grotte wird von einem kleinen See gebildet, der aber (es war Ende August) vollständig aufgethaut war. Am jenseitigen Ufer findet man mächtige Eisgebilde, Säulen und Pyramiden, auf die fortwährend Wasser von der Decke herabträufelt. Diese Säulen zeigten prachtvolle Kornstruktur und das Haarspaltennetz war so vollständig ausgebildet, dass sich die Körner ohne weiteres abheben liessen. Alle diese Körner zeigten nun sämmtliche charakteristische Eigenschaften der Körner der blauen Blätter. Es waren nicht knotige, sondern plattige Stücke, die so gelagert waren, dass jedes dieser Eisgebilde aus grösseren Unterabtheilungen bestand, in denen jeweils diese Platten gleich orientirt waren. In allen aber standen die Platten beinahe senkrecht. Die starken Seitenrillen waren sehr stark ausgebildet und in beinahe allen machte sich eine annähernde Senkrechtstellung der Axe bemerkbar. An der Oberfläche dieser Eisgebilde war eine Forel'sche Streifung bemerkbar, so schön ausgebildet, wie ich sie sonst noch nirgends wahrnahm. Frühere Messungen hatten einen Feuchtigkeitsgehalt der Luft von 100 %

ergeben, so dass sie also nicht wohl durch Verdunsten entstanden sein konnten. Das Eis dieser Eishöhle zeigt also, obwohl unter ganz andern Bedingungen zu Stande gekommen und existirend, alle Eigenschaften des ächten Gletschereises, so dass auch hieraus hervorgeht, dass man die Kornstruktur nicht durch den Gletscher als solchen erklären darf.

Es bleibt mir nun noch übrig, in Kürze auf die übrigen Theorien der Gletscherkornbildung hinzuweisen, die sich bis in die neueste Zeit erhalten haben. Noch vor zwei Jahren bestanden in erster Linie drei Theorien von Hagenbach *), Forel **) und Heim †), die aber bereits von ihren Begründern aufgegeben worden sind. Seither hat Hagenbach eine neue Theorie aufgestellt, die sich mit der hier entwickelten vollständig deckt. Forel und Heim baben sich, so viel ich weiss, auf diese neue Hagenbach'sche Theorie geeinigt. Es scheint mir aber angebracht zu sein, auf zwei dieser Theorien näher einzugehen, einmal um das Charakteristische der von mir gegebenen Theorie noch mehr hervortreten zu lassen, dann aber auch, weil sich manche für das Gletscherkorn wichtige Bemerkungen daran anknüpfen.

Forel sucht die Ursache des Kornwachsthums im fortwährenden Angefrieren von Wasser an die bereits gebildeten Körner. Ich glaube sehr wohl, dass an der Oberfläche des Gletschers oder Firneises solche Prozesse stattfinden und bin in Uebereinstimmung mit ihm, dass wir es vom Firnkorn bis zum Gletscherkorn mit einem stetigen Umwandlungsprozess zu thun haben und die Korngrösse wesentlich Funktion des Alters ist. Hagenbach hat dieser Theorie zum Vorwurf gemacht, dass es an dem Raume fehlt, der das zum Wachsthum nöthige Material zulassen kann und Forel hat sie desswegen verlassen, weil sich das gesunde Gletschereis als nicht infiltrirbar erwiesen hat. Ich meinerseits behaupte ferner, dass ebenso die nöthige Kälte fehlt, um das eindringende Wasser gefrieren zu lassen. Forel ist zu der Annahme gezwungen, dass sich der ganze Gletscher im Laufe des Winters bis auf -7° abkühlt. Dies ist ein Ding der Unmöglichkeit. Wir machen keinen Fehler, wenn wir die Wärmeleitungsfähigkeit des Eises als höchstens gleich der der Gesteine annehmen. Sie ist von Neumann zu 0,34 bestimmt worden, während sie für Gesteine im Mittel ungefähr den Werth 0,5 hat. Es ist nun hinlänglich bekannt, wie wenig die jährlichen Temperaturschwankungen in den Erdboden einzudringen vermögen. Schon in den Kellern der

*) Hagenbach. Verhandlungen der naturf. Gesellschaft Basel VII, 1881.
**) Forel. Archives de Genève 1882.
†) Heim. Gletscherkunde, pag. 328.

Pariser Sternwarte herrscht Jahr aus Jahr ein dieselbe Temperatur, so dass wir sicher sind, in Tiefen von etwa 20 Meter überhaupt keine Temperaturschwankung mehr nachweisen zu können. Die jährlichen Temperaturschwankungen an der Oberfläche der Gletscher sind kleiner als diejenigen an den andern Orten der Erdoberfläche, und wir können desshalb mit Bestimmtheit behaupten, dass der Gletscher sich nicht nur nicht auf —7° abkühlt, sondern dass schon in Tiefen von 20 Metern überhaupt keine Temperaturschwankungen mehr vorkommen. Auch die Spalten des Gletschers werden daran wenig ändern, da sie nur einen kleinen Theil des Gletschervolumens ausmachen und überdies im Winter von Schnee, einem der schlechtesten Wärmeleiter, bedeckt sind. (Es ist desshalb wohl überflüssig, speziell darauf aufmerksam zu machen, dass es auch verfehlt ist, die mit den Jahreszeiten verschiedene Geschwindigkeit der Gletscherbewegung durch Temperaturänderungen der Eismassen erklären zu wollen.) Ich werde in einer späteren Abhandlung über die Gletscherbewegung zeigen, dass es äusserst wahrscheinlich ist, dass der ganze Gletscher sich stets auf der Temperatur des Schmelzpunktes des Eises befindet, also bei derjenigen Temperatur, bei welcher der molekulare Umlagerungsprozess, durch den ich das Kornwachsthum zu erklären suche, am leichtesten stattfindet. Auf Grund ihrer Messungen über die Temperatur an einzelnen Stellen des Gletschers sind Hagenbach und Forel*) zu dem nämlichen Schlusse gekommen. Wir haben zu sagen Schmelztemperatur und nicht 0°, weil der Druck nicht an allen Stellen der gleiche ist. Es wird desshalb nicht die ganze Gletschermasse die gleiche Temperatur zeigen, sondern es wird sich Alles auf einem solchen Gleichgewichtszustand einstellen, dass an jeder Stelle das Eis äusserst nahe diejenige Temperatur zeigt, bei der es unter dem daselbst herrschenden Drucke schmilzt. Bewegt sich dann der Gletscher, so werden wir in ihm eine Wärmeströmung in entgegengesetzter Richtung haben, die zwar nicht vor sich geht in Bezug auf die Coordinaten des Raumes, aber insoferne variabel ist, dass an ein und derselben Stelle des Raumes immer wieder andere Eistheilchen die daselbst herrschende Temperatur annehmen. Auf diese Verhältnisse werde ich in einer spätern Abhandlung zurückkommen. Beobachtungen über die Temperatur des Gletschers sind aber äusserst nothwendig, da sich nur, wenn diese bekannt sind, die Oekonomierechnung des Gletschers durchführen lässt, ohne welche eine Theorie der Gletscherbewegung unmöglich ist. Die Temperaturverhältnisse des Gletschers lassen sich aber, die nöthigen Geldmittel vorausgesetzt, sehr leicht auf elektrischem Wege bestimmen. Man brauchte nur an den verschiedenen Theilen des Gletschers Widerstände zu versenken und könnte dann Jahre hindurch ihre Aenderung vom Thale aus kontroliren.

Ueber den Erklärungsversuch von Heim kann ich mich kurz fassen, da die Hauptgründe, deretwegen derselbe für äusserst unwahrscheinlich gehalten wird, bereits von

*) Hagenbach und Forel. Ueber die Temperatur im Innern des Gletschers. Verhandl. der Basler naturf. Gesellschaft VIII, pag. 635.

Hagenbach*) ausgesprochen sind. Nun hat aber diese Erklärungsweise nöthig, anzunehmen, dass bei der Gletscherbewegung die einzelnen Körner aneinander verschieben. Hieran möchte ich einige Bemerkungen knüpfen über die Bedeutung des Gletscherkornes für die Gletscherbewegung. Wenn wir fragen, welche Eigenschaften eine Masse besitzen muss, damit sie sich unter gleichen Umständen so verhält wie die Gletschermasse, so können wir die Antwort mit einem Worte geben: die Masse muss dickflüssig sein, d. h. die Masse muss sich auf Zug erhalten, wie ein spröder Körper, sie muss auf Zug reissen, auf Druck aber muss sie plastisch sein. Jede Masse mit diesen Eigenschaften muss genau wie ein Gletscher fliessen. In Bezug auf das Zerreissen der Eismassen erwirkt die Kornstruktur kein weiteres Interesse. Fragen wir aber nach der Bedeutung derselben für das Fliessen, so müssen wir erst überlegen, wie sich Eis ohne Kornstruktur, nämlich ein einheitlicher Kristall, unter gleichen Umständen verhalten würde. Wir stehen so vor der Frage, verhält sich nur körniges Eis oder schon das einzelne Eiskorn plastisch? In dieser Richtung haben J. C. Mac Connel und Rudd**) Versuche angestellt, aus denen sie glauben schliessen zu dürfen, dass das einzelne Korn, der einzelne Kristall nicht plastisch sei. Aber diese Versuche leiden an dem Fehler, dass sie bei zu niederer Temperatur angestellt sind. Nun ist aber hinlänglich bekannt, welch ungeheueren Einfluss die Temperatur auf die Plastizität ausübt, und für die Gletscherbewegung hat nur die Plastizität des Eises in der Nähe seines Schmelzpunktes Bedeutung. Es hat nun Hagenbach***) Versuche angestellt mit den Eisnadeln, die beim Gefrieren des Eises gewöhnlich entstehen und die sich bei der optischen Untersuchung als einheitliche Kristalle erwiesen und gezeigt, dass diese Nadeln vollkommen plastisch sind. Diese Versuche sind von mir mit demselben Resultate wiederholt worden. Sowohl an einem Ende oder an beiden Enden unterstützt und nur in der Mitte belastet, erleiden diese Nadeln rasch dauernde Diformationen. Auch aus den Versuchen von Pfaff (loc. cit.) geht unumstösslich hervor, dass das einzelne Korn und nicht nur die zusammengesetzte Eismasse sich plastisch verhält.

Da also schon ein einheitlicher Eiskristall sich plastisch verhält, auf Zug aber spröde, so können wir mit Bestimmtheit behaupten, dass ein Gletscher, der nur aus einem einheitlichen Kristall mit der Temperatur seines Schmelzpunktes bestände, sich ebenso bewegen würde, wie der körnige Gletscher.

Nun ist allerdings damit noch nicht gesagt, dass wenn wir uns die Gletscherbewegung ohne gegenseitige Kornverschiebungen erklären können, letztere nicht dennoch

---

*) Hagenbach. Verhandl. der Basler naturf. Gesellschaft VIII, pag. 281.

**) J. C. Mac Connel and J. D. Rudd. On the plasticity of glacier and other ice. Proceedings of the royal Society. T. 44, pag. 331.

***) Hagenbach. Das Gletscherkorn. Verhandl. der Basler naturf. Gesellschaft, 1. Heft, 7. Band.

stattfinden und zur Bewegung beitragen. Die Anhänger dieser Ansicht stützen ihre Meinung hauptsächlich darauf, dass ein Block klaren Gletschereises, unter die Presse gebracht, seine Kornstruktur zeigt, indem die Haarspalten zum Vorschein kommen. Aber dieser Versuch beweist für die Frage, um die es sich hier handelt, gar nichts. Denn unter diesem Verhältniss zeigt der Eisblock seine Kornstruktur nicht in Folge auferlegten Druckes, sondern in Folge der erlittenen **Druckänderung.** Denn im Gletscher befindet sich das Eis oft unter weit höheren Drucken, aber nirgends zeigt das Eis seine Struktur, ausser wo Wärme auf dasselbe gewirkt hat. Bewegt sich der Gletscher, so kommt das Eis allerdings immer an Orte anderen Druckes. Aber der Druck im Gletscher wechselt stetig (die Spalten bilden ja nur einen kleinen Theil des Gletschervolumens) und die Bewegung geschieht so langsam, dass die Druckänderungen so äusserst langsam stattfinden (unendlich viel langsamer als man mit einer Presse bewirken kann), dass schon in Folge der Plastizität der Körner das Eis sich dem neuen Zustande anpassen wird, bevor solche Spannungsverhältnisse im Eise eintreten, dass die Haarspalten zum Vorschein kommen. Auch bemerkt schon Hagenbach (loc. cit.) mit Recht, „die ganz unregelmässige in einander verwachsene Gestalt der Gletscherkörner lässt die Annahme einer Verschiebung an den Korngrenzen nicht wohl zu“; man müsste desshalb zu weiterer Hypothese über Regelation, Verflüssigung u. s. w. seine Zuflucht nehmen. Forschungen in dieser Richtung scheinen mir vorderhand absolut unnöthig und nicht gerechtfertigt angesichts der Thatsache, dass man sich diese ganze Bewegung des Gletschers ohne dies durch die einfachsten Anschauungen klar und überzeugend erklären kann.

Diese ganze Bewegung **kann** stattfinden einzig und allein in Folge der Plastizität des Eises ohne ein Verschieben der Körner aneinander und in Wirklichkeit **wird** sie auch **sehr wahrscheinlich ohne** dasselbe stattfinden.

In Bezug auf die Gletscherbewegung stehen sich demnach zwei Theorien gegenüber, die eine geht nur auf die Plastizität des Eises zurück, während die andere noch ein gegenseitiges Verschieben der Körner zu Hülfe nimmt. Die Geschwindigkeit der Gletscherbewegung gibt bei unserer heutigen Kenntniss der Gletscherphysik kein entscheidendes Kriterium. In solchen Fällen, wo zwei Theorien das Gleiche leisten, verdient nach meiner Meinung stets die einfachere den Vorrang, um so mehr alsdann wenn die weiteren Hypothesen der komplizirteren wenig Wahrscheinlichkeit für sich haben, was ich oben gezeigt zu haben glaube. Die Plastizität des Eises an und für sich genügt vollständig zur Erklärung aller einschlägigen Erscheinungen.

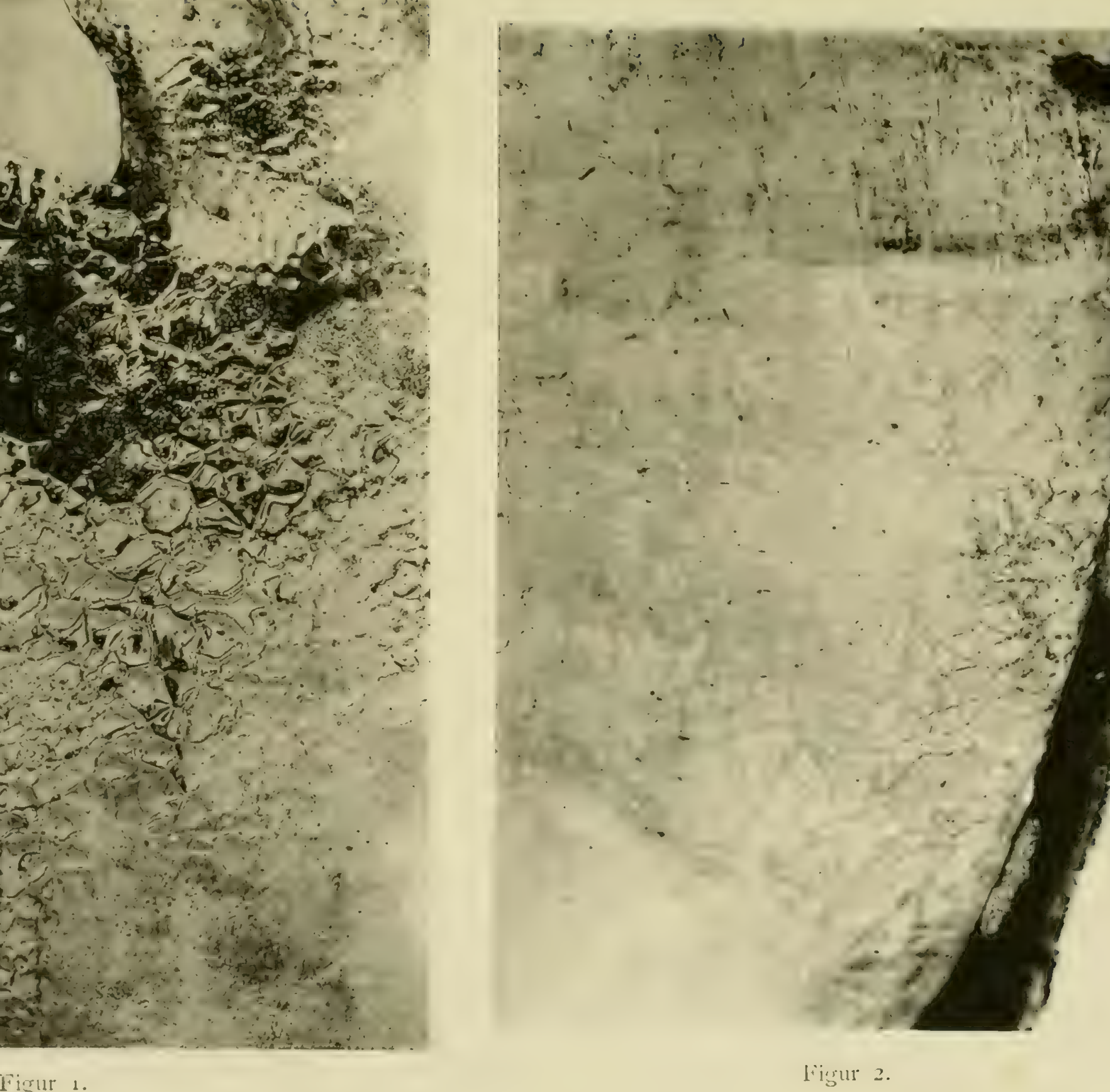
Der Annahme, dass das einzelne Korn bei der Gletscherbewegung sich plastisch verhält, wird man vielleicht zu entgegnen versucht sein, dass ja dann mit der Zeit das Korn seinen kristallinischen Aufbau verlieren müsste. Allein erinnern wir uns, was über die in jeder Eismasse thätigen, kristallbauenden, molekularen Kräfte auseinandergesetzt

wurde, so müssen wir zu dem Schlusse kommen, dass in einer nur langsam deformirt werdenden Masse, was ja das einzelne Korn ist, diese Kräfte vollständig Zeit und Gelegenheit haben, den ursprünglichen kristallinischen Aufbau aufrecht zu erhalten. Ueberdies sind Zwangszustände in den einzelnen Gletscherkörnern nachgewiesen. So werden wir auch hier wieder hingewiesen auf molekulare Umlagerungsprozesse, die in keiner Eismasse fehlen und uns vollständig Aufschluss und Rechenschaft geben über Entstehung und Wachsthum des Gletscherkornes.

Ich gebe hier zum Schlusse nochmals das Hauptresultat meiner Arbeit:

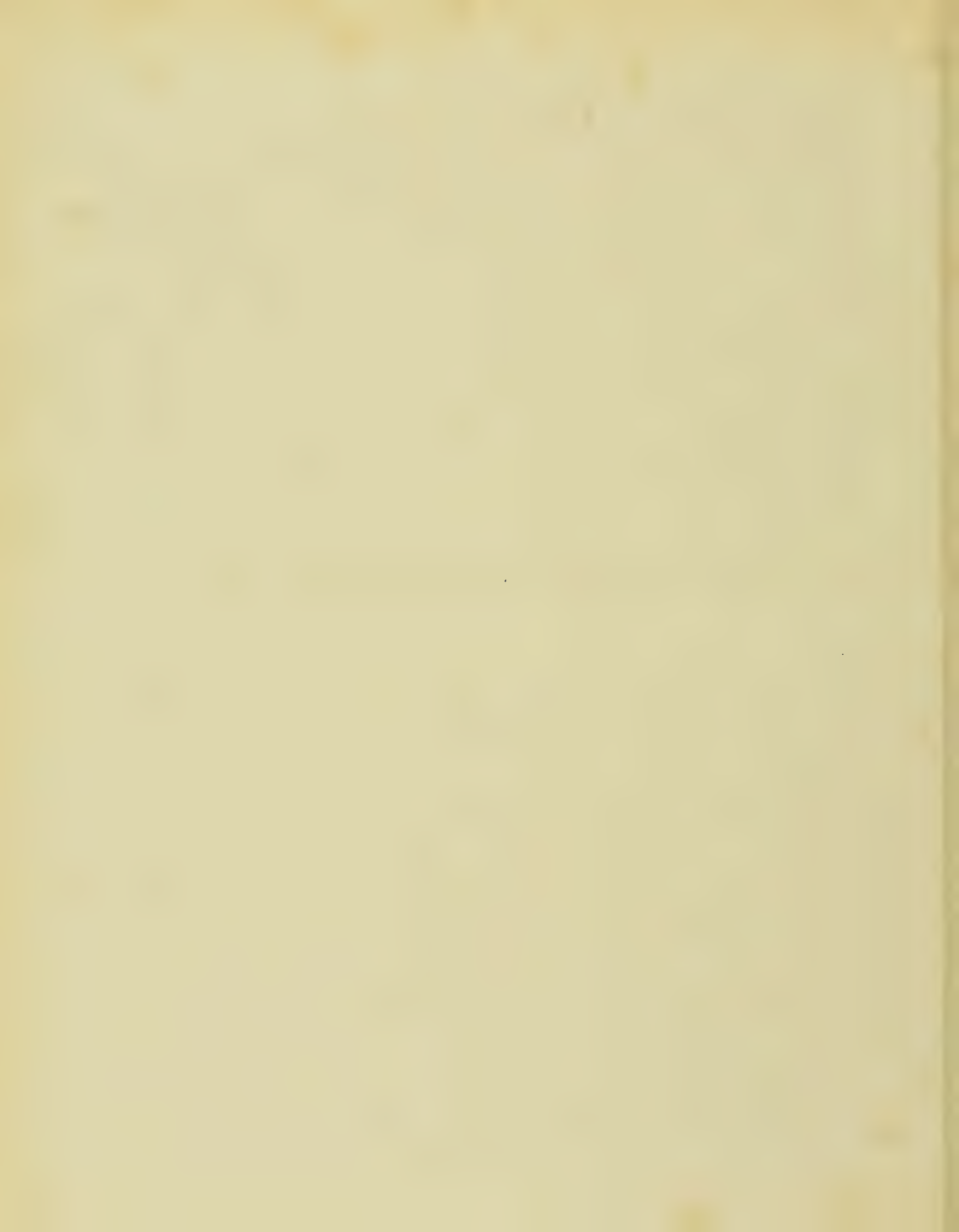
Die Gletscherkornbildung ist keine Eigenthümlichkeit des Gletschereises, sondern eine durch einen molekularen Umkristallisationsprozess erklärbare Eigenschaft eines jeden Eises und hat desshalb mit dem Gletscher als solchem nichts zu thun; und die Bewegung des Gletschers kann ohne dieselbe zu Stande kommen. Gletscherkornbildung und Gletscher haben keine wesentliche wechselseitige Bedeutung.

München, Mai 1890.



Figur 1. Figur 2.

Lichtdruck von Brunner & Hauser in Zürich.

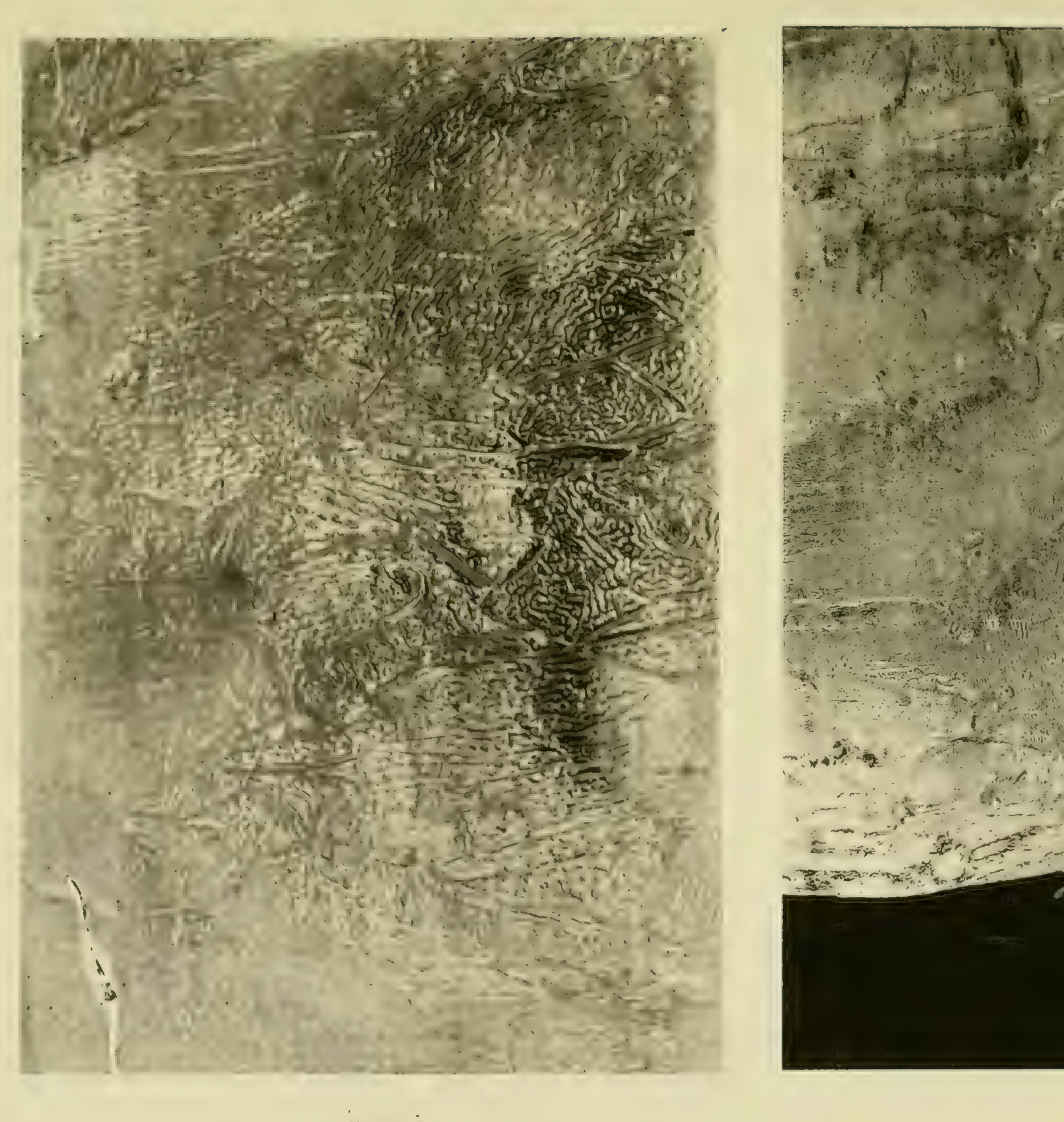


Figur 3.

Figur 4.

Lichtdruck von Brunner & Hauser in Zürich.





Figur 5.

Figur 6.

Lichtdruck von Brunner & Hauser in Zürich.

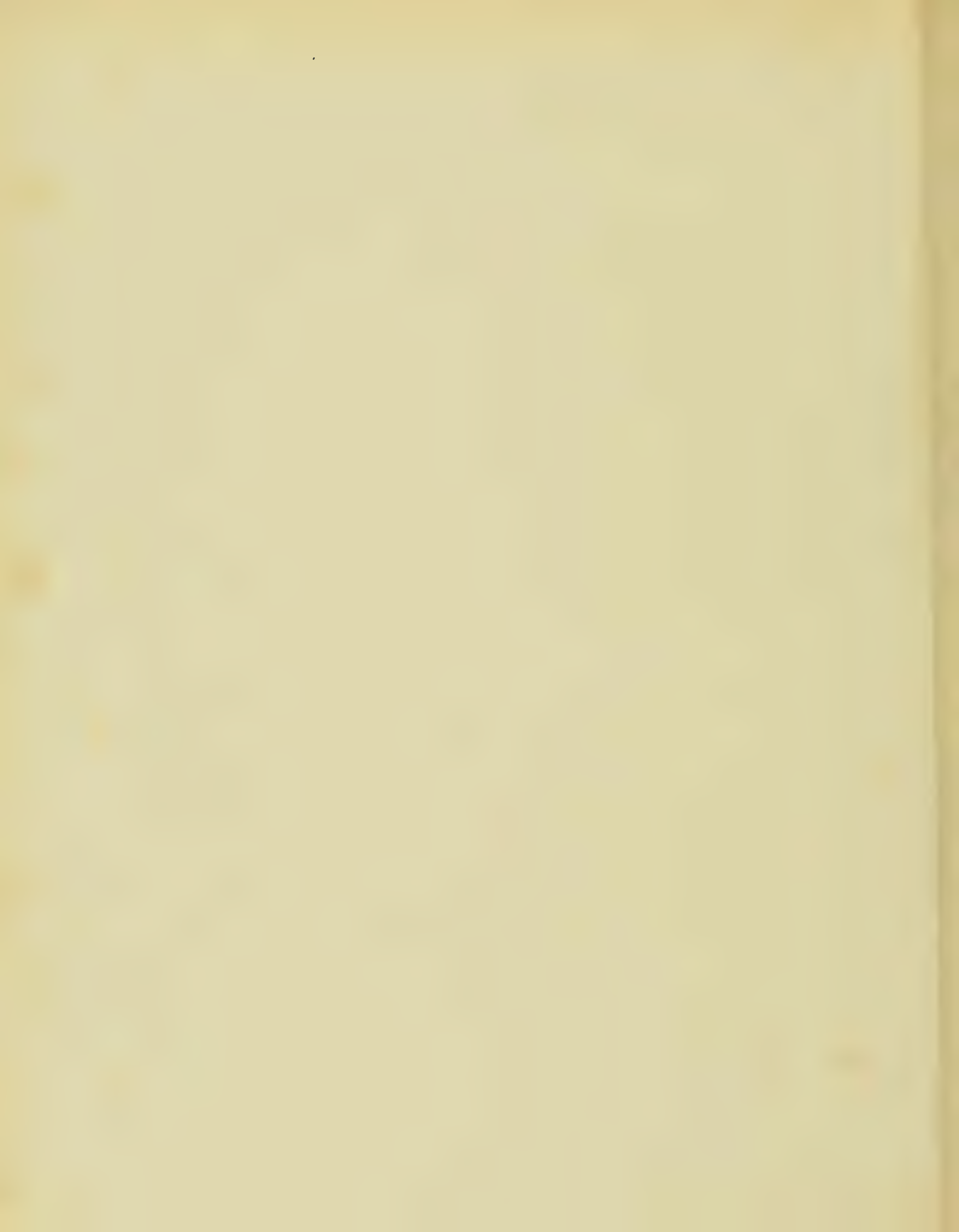


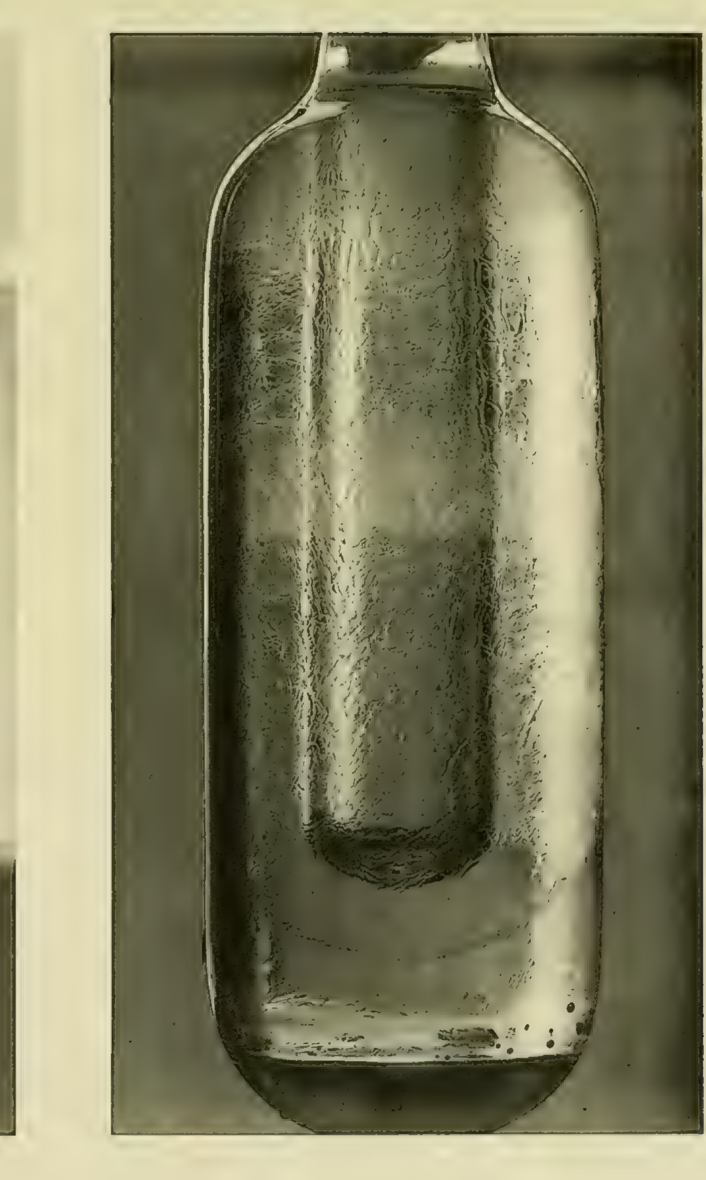


Figur 7.

Figur 8.

Lichtdruck von Brunner & Hauser in Zürich.





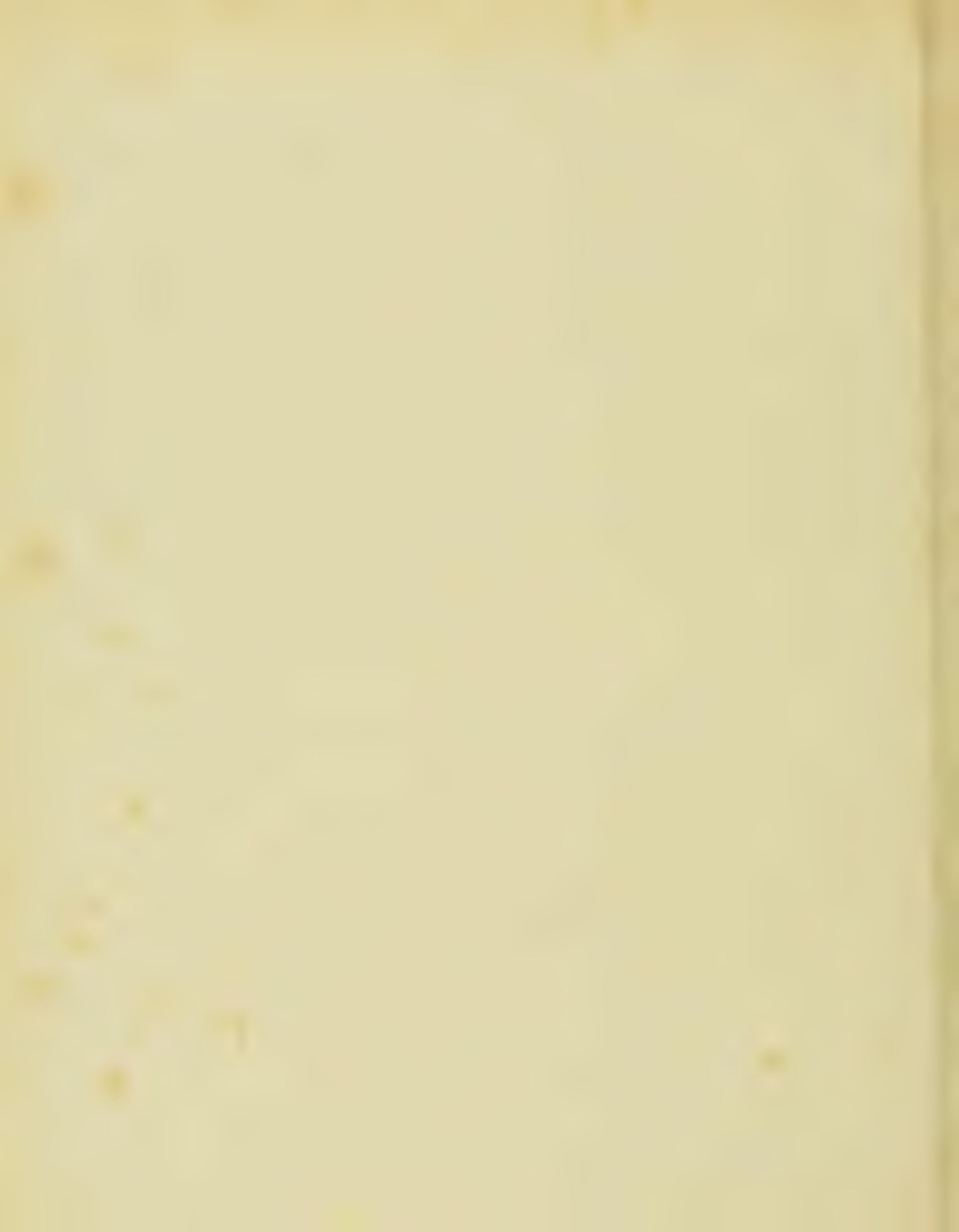
Figur 9.

7. Februar 1889.

Figur 10.

12. Februar 1889.

Lichtdruck von Brunner & Hauser in Zürich.





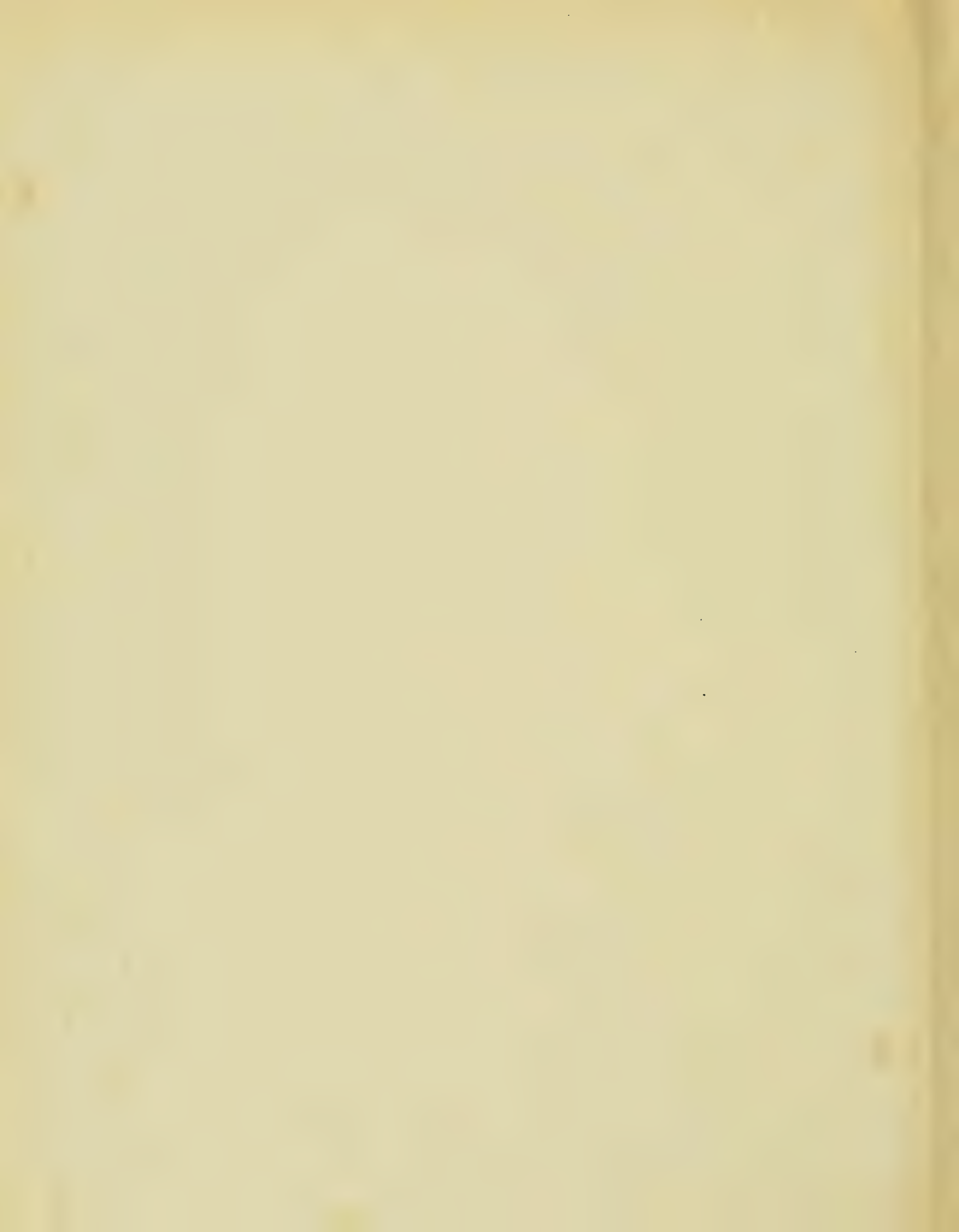
Figur 11.

22. Februar 1889.

Figur 12.

27. März 1889.

Lichtdruck von Brunner & Hauser in Zürich.



Ueber

oligodynamische Erscheinungen

in

lebenden Zellen

von

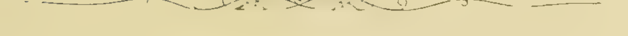
Carl von Nägeli

mit einem Vorwort von

S. Schwendener

und einem Nachtrag von

C. Cramer.



Zürich

Druck von Zürcher & Furrer

1893.



Vorbemerkung

von

S. Schwendener.

Unter den nachgelassenen Papieren Nägelis befand sich auch das nahezu druckfertige Manuskript der folgenden Abhandlung, in welcher eigentümliche, durch minimale Mengen löslicher Stoffe verursachte Krankheitserscheinungen in Spirogyra-Zellen den hauptsächlichsten Gegenstand der Erörterung bilden. Diese Erscheinungen, deren Studium bis zum Beginn der 80ger Jahre zurückreicht, führten den Autor zur Annahme einer neuen Kraft, der Isagität; sie waren daher im Manuskript ursprünglich als „isagische" bezeichnet. Dieses Wort wurde aber später von Nägeli selbst gestrichen und durch „oligodynamisch" ersetzt, offenbar in der Absicht, die Darstellung und kritische Sichtung der Thatsachen von der theoretischen Verwertung derselben zu trennen.

Bezüglich des Thatsächlichen gewährt nun die vorliegende Abhandlung, soweit ich beurteilen kann, den Eindruck der Vollständigkeit. Es fehlt dagegen der in Aussicht genommene zweite Teil, die theoretische Verwertung zu Gunsten der Isagität. Ich musste auf jede Ergänzung nach dieser Seite verzichten, weil hierzu keinerlei Anhalt, kein Manuskript und keine Notiz vorhanden war und weil überdies die wenigen mit Bleistift beschriebenen Blätter von Nägelis Hand, welche überhaupt noch auf Isagität und isagische Wirkungen sich beziehen, nichts von Schlussfolgerungen oder Erwägungen enthalten, auf welche der Autor selbst seine Annahme hätte stützen können. Der Inhalt dieser Blätter (ohne Datum) schien mir auch aus andern Gründen für die Veröffentlichung nicht geeignet.

Die drei ersten Kapitel waren in dem mir zugestellten Manuskript bereits numeriert; die übrigen habe ich selbst mit fortlaufenden Nummern versehen. Auch der vorstehende Titel wurde von mir, dem wirklichen Inhalt der Abhandlung entsprechend, hinzugefügt.



1. Tötliche Wirkung von angeblich reinem Wasser auf lebende Zellen.

Die Ueberschrift des Kapitels wird wohl allgemein überraschen und nicht bloss den Hydropathen, welche das Wort Pindar's: „Das beste ist Wasser“, als Wahlspruch erwählt haben, sondern auch denjenigen Hygieinikern, welche die Forderung eines reinen Wassers mit dogmatischer Gewissheit verkünden, als ein Paradoxon erscheinen. Und doch ist die Ueberschrift wörtlich wahr. Was man gewöhnlich als reines Wasser bezeichnet, nämlich nicht bloss das destillierte, sondern auch das Brunnenwasser, ist für das Plasma (Protoplasma) der gesunden Zellen unter gewissen Bedingungen todbringend, während das sogenannte unreine Wasser, nämlich Fluss-, See- und Sumpfwasser diese Wirkung nie hat.

Die Untersuchungen wurden mit Süsswasseralgen angestellt, also mit Zellen, die an das Wasser gewöhnt sind. Nun dient zwar zu den vielen erfolgreichen Algenkulturen, die von verschiedenen Beobachtern zu wissenschaftlichen Zwecken angestellt werden, gewöhnlich Brunnenwasser. Ich selber habe seit 40 Jahren fast immer solche Kulturen und dieselben oft in grösserer Anzahl gehabt und nichts von einer schädlichen Wirkung des Brunnenwassers bemerkt. Allerdings schlugen sehr viele Kulturen fehl. Es gab Zeiten, wo es mir nicht gelang, gewisse Arten fortzubringen, während dieselben andere Male ein lebhaftes Wachstum zeigten. Ich schob dies auf die Unkenntnis über die Kulturbedingungen, in der wir uns bezüglich vieler Süsswasseralgen so gut wie bezüglich der Meeralgen befinden. Und dieser Schluss bleibt auch nach den jetzt vorliegenden Erfahrungen noch zum grossen Teil richtig.

Zu meinen früheren misslungenen Versuchen gehörten oft Reinkulturen, bei denen ich aus einem Algengemisch kleine Mengen einer Art in ein grösseres Glas, das blos Wasser enthielt, verpflanzte. Dass solche Anpflanzungen unter bestimmten Umständen zu Grunde gehen müssen, wird aus den hier mitzuteilenden Erfahrungen über den schädlichen Einfluss von sogenanntem reinem Wasser deutlich sich ergeben, während über das rasche Absterben, das oft die in relativ grösseren Massen gezogenen Algen trifft, noch das frühere Dunkel fortbesteht.[1])

---

[1]) Es gibt praktische Algenzüchter, welche behaupten, einen Kunstgriff zu besitzen, um das Gedeihen der Algenkulturen zu sichern. Die Kulturgläser sollen mit einer Glasplatte bedeckt, ohne wei-

Die Veranlassung zu vorliegenden Untersuchungen war folgende. Während meiner Krankheit im Winter 1880/81 waren von den Herren Dr. O. Löw und Dr. Bokorny Studien über die Lebensursache des Protoplasmas veröffentlicht worden mit der Behauptung, die Lösungen von Silbernitrat werden durch lebendes, nicht aber durch totes Protoplasma reduziert. Ich wollte mir durch eigene Beobachtung ein Urteil über die Reaktionserscheinungen bilden und kann die Angabe der Verfasser, dass unter den verschiedenen Pflanzenzellen die Süsswasseralgen und unter diesen die Spirogyren die geeignetsten Objekte seien, bestätigen. Das Verhalten des Zellinhaltes zu der Silberlösung

---

tere Berührung stehen gelassen werden. Obgleich mir aus physiologischen Gründen die Grundlosigkeit dieser Meinung unzweifelhaft war, so machte ich doch, um für die späteren Mitteilungen nichts zu versäumen, folgenden Versuch: Eine grössere Zahl von Litergläsern mit Brunnenwasser wurde mit Spirogyren in gleicher Weise bepflanzt und dieselben in drei Reihen geteilt. Die Gläser der I. Reihe wurden teils bedeckt, teils unbedeckt, ans Fenster gestellt und ganz ungestört gelassen. Diejenigen der II. Reihe wurden jeden Tag umgestellt und an ein anderes Fenster mit anderer Beleuchtung gebracht, ab und zu auch eine Partie Algen aus denselben herausgenommen und die nämlichen Algen wieder hineingethan. Die Gläser der III. Reihe blieben an dem nämlichen Orte stehen, aber es wurde jeden Tag einmal während einiger Minuten vermittelst einer bis auf den Grund reichenden Glasröhre Atmungsluft eingeblasen, wodurch der Inhalt des Glases aufs gründlichste aufgerührt und in heftige Bewegung versetzt wurde.

Zwischen den drei Reihen ergab sich kein wesentlicher Unterschied. Diejenigen Spirogyra-Arten, welche überhaupt unter den damaligen Verhältnissen wachstumsfähig waren, gediehen ungefähr in gleicher Weise. Nur schienen die Gläser der III. Reihe, denen täglich geringe Mengen von Kohlensäure zugeführt wurden, etwas im Vorteil zu sein. Ich teile dies bloss deswegen mit, um zum Voraus dem Verdacht bei manchen Algenzüchtern auszuweichen; es sei mir eine wichtige Kulturregel unbekannt geblieben.

Ich bemerke noch, dass ich mancherlei versuchte, um die Kulturen der Spirogyren zu sichern. Es wurden Nährsalze, namentlich salpetersaures Ammoniak und phosphorsaures Kali dem Wasser zugesetzt. Es wurden Gefässe von Glas, von Cement und von Holz verwendet. Es wurde in die Glasgefässe Gartenerde oder Torfpulver oder der Torfschlamm aus den Gräben, denen die Algen entnommen waren, gebracht. Die Gefässe wurden im Zimmer und vor dem Fenster, auf der Sonnen- und auf der Schattenseite gehalten.. Ein wesentlicher Vorteil stellte sich nirgends heraus. Das einzige, was in allen Fällen als zweckmässig erschien, war Kultur in verhältnismässig viel Wasser (jedoch mit der später zu erörternden Beschränkung), und nachdem die Spirogyren sich vermehrt haben und zum Teil abgestorben sind, Umpflanzen der gesunden, an der Oberfläche befindlichen Masse mit Beseitigung der krankhaften unteren Partie.

Bezüglich des Absterbens der Spirogyren ist noch folgender Umstand sehr bemerkenswert. Für die Versuche wurde, da der Standort der günstigen Species (Haspelmoor) ziemlich weit von München entfernt ist, stets eine grössere Menge der nämlichen Art geholt und dann in 30 bis 40 Gefässen auf die verschiedenste Weise kultiviert. Es zeigte sich nun, dass nach kürzerer oder längerer Zeit (bald schon nach drei Wochen, bald erst nach drei Monaten), die Pflanzen in allen Gläsern binnen kurzer Zeit zu Grunde gingen und mehrmals wurde beobachtet, dass die Spirogyren auch in dem bestimmten Torfgraben, aus dem sie geholt worden waren, ziemlich zu gleicher Zeit abstarben, während sie in andern Torfgräben kräftig vegetierten. Ich kann nicht entscheiden, ob dies ein zufälliges Zusammentreffen ist oder nicht. Möglich wäre es immerhin, dass in den biologischen Erscheinungen dieser Pflanzen durch innere Ursachen eine gewisse Periodicität bedingt würde.

liess sich hier bald in überzeugender Weise erkennen, insofern als die in der Zellflüssigkeit gelösten Albuminate (Hygroplasma) sich körnig ausschieden und schwärzten, die ungelösten aber (Stereoplasma, Protoplasma) ungeschwärzt blieben. Das Interesse wendete sich aber sofort einer andern Frage zu.

Um die Wirkung des Reagens besser studieren zu können, wurde die von Dr. O. Löw angewandte alkalische Lösung von salpetersaurem Silberoxyd (1 $NAgO_3$, 1 NH_3 und 3,6 K_2O in 100,000 Wasser), welche fast augenblickliches Absterben der Zellen verursachte, noch weiter verdünnt und daneben auch die Wirkung des Silbersalzes, ebenso des Ammoniaks und des Aetzkalis allein geprüft. Sowie nun mit steigender Verdünnung das Absterben langsamer eintrat, zeigte sich die merkwürdige Erscheinung, dass nicht die Veränderungen, die man früher beobachtet hatte, langsamer und deutlicher, sondern dass ganz andersartige Veränderungen sichtbar wurden.

Wenn die Spirogyren durch die angegebene oder wenig verdünntere Lösung des Silbersalzes getötet werden, so nimmt das bewaffnete Auge die nämlichen morphologischen Erscheinungen wahr, wie wenn der Tod durch eine andere giftige Verbindung oder durch Hitze verursacht wird oder wenn bei Zimmerkultur aus noch unbekannten Ursachen die Zellen absterben und in Fäulnis übergehen. Der ganze Inhalt mit dem Plasmaschlauch zieht sich wenig von der Membran zurück; die Bänder, ohne ihre gegenseitige Anordnung zu verlassen, ändern Farbe und Gestalt (Querschnitt); die Zellflüssigkeit trübt sich körnig; der ursprünglich centrale Kern rückt an die Wandung; die Zelle verliert ihren Turgor. Ich will dies die Erscheinungen des gewöhnlichen Absterbens nennen. Die des ungewöhnlichen Absterbens, die bei sehr starker Verdünnung des Giftes eintreten, bestehen vorzüglich darin, dass die Chlorophyllbänder von dem Plasmaschlauch, der vorerst noch genau in seiner ursprünglichen, wandständigen Lage verbleibt, sich ablösen, verkürzen und zusammenballen, wobei die Zelle ihren Turgor vorerst noch behält.

Es war mir nun sehr auffallend, dass, während die gewöhnlichen Veränderungen mit zunehmender Verdünnung des Silbersalzes abnahmen, die ungewöhnlichen im Gegenteil sich steigerten. Ich glaubte daraus schliessen zu können, dass die ersteren die Wirkung des Giftes, also einer chemischen Ursache, die letzteren die Wirkung einer andern, nicht chemischen Kraft seien. Und da jede der bekannten Kräfte ausgeschlossen schien, so drängte sich die Vermutung auf, ich könnte auf die Spur der neuen Naturkraft gekommen sein, deren Vorhandensein aus theoretischen Gründen mir sehr wahrscheinlich war und auf deren Nachweisung ich seit Jahren gelegentlich meine Aufmerksamkeit richtete. Ich verfolgte daher eifrig die Sache, die zunächst einen etwas abenteuerlichen Charakter annahm, weiter.

Die Lösung des Silbersalzes wurde stetig weiter verdünnt. Die ungewöhnlichen, vorhin näher bezeichneten Erscheinungen traten nun in voller Reinheit hervor; aber

was ganz unerwartet und paradox war, die Wirkung blieb bei fortschreitender Abnahme des Giftes selbst bis zum Verschwinden desselben ungeschwächt.

In der quadrillionfachen Verdünnung starben die Algen oft schon in 3—4 Minuten. Bei dieser Verdünnung treffen auf 1 l. Wasser bloss noch 2 bis 3 Moleküle Silbernitrat, 27 Moleküle Ammoniak und 18 Moleküle Kali, so dass mit vollkommener Sicherheit in der Mehrzahl der Versuchsgläser, welche je 100 ccm. Flüssigkeit enthielten, keine Spur des giftigen Silbersalzes enthalten sein konnte.

Die Vermutung, dass das destillierte Wasser, das zu den Verdünnungen verwendet wurde, die ungewöhnlichen Erscheinungen bewirkt habe, kam mir an und für sich sehr unwahrscheinlich vor; denn dasselbe konnte, wie wohl anzunehmen war, nur durch den Mangel an Nährstoffen, also langsam wirken. Die stärkste Verdünnung tötet aber die am kräftigsten vegetierenden Spirogyren bei einer Temperatur, die dem lebhaftesten Wachstum entsprach, wie bereits bemerkt, oft in weniger als 4 Minuten. Gegen die Annahme, dass das destillierte Wasser die Ursache des Todes sei, sprachen auch die hin und wieder mit solchem Wasser angestellten Versuche; denn grössere Mengen der nämlichen Pflanzen blieben darin stets unverändert. Indes erwies sich die daraus gezogene Folgerung, dass reines Wasser unschädlich sei, später bei der näheren Kenntnis der ursächlichen Momente als irrtümlich. Auch war es schon vorher sehr auffallend, dass die am stärksten verdünnte und eigentlich giftfreie Flüssigkeit, wenn sie gekocht wurde, ihre nachteiligen Eigenschaften ganz oder grösstenteils verlor.

In diesem ersten Stadium der Untersuchung sah ich keinen andern Ausweg als die Vermutung, es könnte die ungewöhnliche Veränderung durch eine von dem Silbersalz auf das Wasser übergegangene und nunmehr von der Substanz unabhängig wirkende Kraft verursacht werden. Mit der quadrillionfachen Verdünnung schien die Grenze der Nachwirkung erreicht zu sein.

Ich will nun, um eine bestimmte und feste Bezeichnung zu haben, die specifischen Wirkungen des Giftes die chemischen, diejenigen der noch unbekannten Ursache, indem ich dem Endresultat vorgreife, die oligodynamischen nennen.

Zunächst wurden die nämlichen Versuche mit einem noch heftigeren Gift, mit Quecksilberchlorid ($HgCl_2$), angestellt und die Lösung desselben stetig weiter verdünnt. Bei $\frac{1}{10000}$ und etwas geringerem Gehalt waren noch bloss die chemisch-giftigen Wirkungen sichtbar, dann traten neben denselben die oligodynamischen Erscheinungen auf; bei $\frac{1}{1000000}$ waren die chemisch-giftigen auf Null herabgesunken. In den 100 ccm. Flüssigkeit einer Versuchsprobe befanden sich jetzt gegen 200,000 Mill. Moleküle $HgCl_2$. Nun wurde weiter verdünnt, um die Grenze der Einwirkung festzustellen. Eine solche Grenze konnte aber nicht erreicht werden; bei allen Verdünnungen (sie wurden bis auf das Septillionfache getrieben) blieben die oligodynamischen Erscheinungen die nämlichen. In der septillionfachen Verdünnung, die in 1 l. Wasser blos noch den trillionsten Teil eines Moleküls $HgCl_2$ enthielt, starben die Zellen mit denselben Inhaltsveränderungen

und in der gleichen Zeit wie in der trillionfachen Verdünnung, bei welcher auf 1 l mehr als eine Million Moleküle traf.

Natürlich drängte sich zuerst die Vermutung auf, es möchte irgend ein Versuchsfehler stattgefunden haben. Deshalb wurde das Experiment mit allen Vorsichtsmassregeln mehrmals wiederholt; das Resultat blieb das nämliche. Es wurden ferner die Gläser, die stets in Mehrzahl die gleiche Verdünnung enthielten, zum Teil bedeckt, zum Teil offen stehen gelassen; es wurden endlich die einen Gläser geschüttelt, die andern nicht — alles mit demselben Erfolg. In 11 Versuchsreihen starben die Spirogyren in der sextillionfachen oder septillionfachen Verdünnung ebenso ab, wie in einer billionfachen; die oligodynamischen Veränderungen traten bald nach 3—6 Minuten, bald erst nach 1—2 Stunden deutlich ein. In 4 Versuchsreihen dagegen war bei der trillionfachen, quadrillionfachen oder quinquillionfachen Verdünnung eine schädliche Wirkung nicht mehr zu beobachten. Es war offenbar überflüssig, die Verdünnungen noch weiter zu treiben. — Das Kochen der stärkeren Verdünnungen, welche die Spirogyren getötet, hatte nicht immer den nämlichen Erfolg; meistens wurde dadurch die Flüssigkeit unschädlich; bei schwächerem Erhitzen behielt sie zum Teil ihre oligodynamischen Eigenschaften.

Trotz des Wunderbaren und Spukhaften, das diese Ergebnisse zu haben schienen, wurde durch sie die Sache doch vollkommen klar. Es war nun bewiesen, dass meine Vermutung, die oligodynamischen Erscheinungen könnten von einer von dem Gift auf das Wasser übergegangenen Kraft herrühren, unrichtig sei; denn sonst hätte die übertragene Kraft nach Massgabe der Verdünnung abnehmen und verschwinden müssen, während im Gegenteil bei einigen Versuchsreihen die schädliche Wirkung ungeschwächt blieb oder selbst noch zunahm. Die Ursache der Oligodynamik musste demnach im Wasser oder im Glase gesucht werden.

Ich habe bereits bemerkt, dass Kulturen in reinem destilliertem Wasser, die zur Kontrole angestellt wurden, meist ein günstiges Resultat gaben. Dazu waren aber stets verhältnismässig grössere Mengen von Algen verwendet worden. Nun nahm ich die Versuche mit reinem Wasser wieder auf, jedoch mit viel grösseren Mengen Flüssigkeit als früher, d. h. mit nur wenig Spirogyra-Fäden auf 10 ccm. Wasser. Das Ergebnis entsprach der Erwartung. Die Spirogyren starben im destillierten Wasser fast immer in kurzer Zeit, zuweilen in weniger als 4 Minuten. Und Brunnenwasser verhielt sich häufig genau so wie destilliertes Wasser.

Aus der nun unzweifelhaft festgestellten Thatsache, dass reines Wasser, wie es im chemischen Laboratorium durch Destillation erhalten wird und frisches, im gewöhnlichen Leben ebenfalls als rein bezeichnetes Wasser, wie es aus dem Hahn einer Brunnenleitung ausfliesst, auf lebende Zellen tötlich wirken können, ergab sich die Frage, woher diese verderblichen Eigenschaften stammen. Die nächsten Versuche hatten den Zweck, Aufklärung hierüber zu verschaffen. Dieselben ergaben ganz unerwartete Resultate und

schienen zu beweisen, wie ich in den folgenden zwei Kapiteln zeigen werde, dass die Todesursache weder in einer chemischen Einwirkung, noch in der Temperatur, noch in einer andern bekannten Kraft zu finden sei.

2. Prüfung der oligodynamischen Erscheinungen auf chemische Ursachen.

Zunächst drängte sich die Vermutung auf, es möchte das Wasser, in welchem gewisse Algen so rasch getötet werden, eine giftige Verbindung enthalten. Da das destillierte Wasser im ganzen gefährlicher war als das Brunnenwasser, so lag es ferner nahe, dass das Gift nicht eine feste, gelöste, sondern eher eine gasförmige, absorbierte Substanz sein möchte, die entweder beim Destillieren mit dem Wasserdampf übergehe oder nachher aus der Luft aufgenommen werde. In dieser Beziehung konnte man an Kohlensäure, Ammoniak, Ozon und salpetrige Säure denken.

Bezüglich der drei erstgenannten Gase besteht von vornherein nicht die geringste Wahrscheinlichkeit, dass sie das Wasser vergiften, da in Quellen, in fliessenden und stehenden Gewässern, von denen man annehmen muss, dass sie die Gase der Atmosphäre in den möglichen Mengen aufgenommen haben, überall Algen leben.

Die direkt angestellten Versuche ergaben denn auch ein mit diesem Umstande übereinstimmendes Resultat. Wasser, das aus Quellen, aus Flüssen (Isar und Würm) und aus Teichen und Tümpeln in Glasgefässen geholt und dann in der nämlichen Weise zu Versuchen benutzt wurde wie das destillierte und Brunnenwasser, zeigte sich vollkommen indifferent.

Auch wenn solchem, aus dem Freien geholten Wasser Kohlensäure, Ammoniak oder Ozon in Mengen zugefügt wurde, die jedenfalls viel beträchtlicher sind als die im destillierten und Brunnenwasser befindlichen Quantitäten dieser Gase, so blieb es unschädlich. Noch viel reiner trat dieses Versuchsresultat in spätern Stadien der Untersuchung hervor, als es gelungen war, dem destillierten Wasser die oligodynamischen Eigenschaften zu entziehen und als nun diesem Wasser bestimmte Mengen von Kohlensäure, Ammoniak und Ozon zugesetzt wurden, worüber ich auf die später folgenden Darlegungen verweise.

Unter den flüchtigen Verbindungen konnte man am ehesten von der salpetrigen Säure erwarten, dass sie die tötlichen Wirkungen verursache und zwar um so eher, als dieselbe, nach den Mitteilungen des Hrn. Professor Bayer oft in erheblicher Menge im Münchner Brunnenwasser und dann auch im destillierten Wasser vorkommt. Um hierüber Gewissheit zu erlangen, stellte ich folgende Versuche an.

Eine Lösung von salpetrigsaurem Kali wurde mit der äquivalenten Menge Schwefelsäure versetzt. Es befanden sich nun im Wasser freie salpetrige Säure (NO_2H) und schwefelsaures Kali (K_2SO_4) im Verhältnis von 1 : 1,85. Diese Lösung wurde mit destilliertem Wasser verdünnt. Aus den Versuchen mit den stufenweisen Verdünnungen ergab sich, dass die Lösung mit $\frac{1}{100000}$ NO_2H noch chemisch giftige Wirkung, die Lösung dagegen mit $\frac{1}{1000000}$ NO_2H bloss oligodynamische Erscheinungen hervorbrachte, aber stärkere als diejenigen, welche das blosse Wasser der Kontrolgläser erzeugte. Noch geringere Mengen von salpetriger Säure machten sich kaum bemerkbar.

Da neben der salpetrigen Säure in der Lösung noch schwefelsaures Kali befindlich war, welches möglicherweise die schädlichen Wirkungen jener modificierte, so wurde auch die Beschaffenheit des letztern geprüft. Die successiven Verdünnungen zeigten, dass schon $\frac{1}{1000}$ K_2SO_4 keine chemisch-giftigen, sondern nur noch die oligodynamischen Erscheinungen verursacht und dass Wasser mit $\frac{1}{1000000}$ des Salzes sich nicht anders verhält als das Wasser selbst. Man konnte also die Wirkung der Lösung, in welcher sich salpetrige Säure und schwefelsaures Kali befand, ganz auf Rechnung der ersteren setzen.

Um eine vollkommene Klarheit über die Beziehungen der salpetrigen Säure zu der schädlichen Wirkung des Wassers zu erlangen, musste noch die ungefähre Menge derselben im destillierten und im Brunnenwasser bestimmt werden. Durch das Griess'sche Reagens (Sulfanilsäure in mit Schwefelsäure angesäuertem Wasser und schwefelsaures Naphthylamin, das nachher zugesetzt wird) lassen sich ausserordentlich geringe Mengen von salpetriger Säure erkennen. Versuche, mit den Verdünnungen der Lösung, welche NO_2K und KSO_4H enthielt, ergaben, dass diejenige mit $\frac{1}{10000000}$ NO_2H durch das Reagens sich noch ziemlich intensiv rot färbte und dass diejenige mit $\frac{1}{100000000}$ NO_2H noch einen deutlich wahrnehmbaren roten Schimmer annahm. Es wurde nun während längerer Zeit das Wasser, das zu den Versuchen über Oligodynamik diente, auf NO_2H geprüft, indem jeweilen eine grosse Flasche mit destilliertem oder Brunnenwasser gefüllt, dann davon eine Probe auf den Gehalt an NO_2H bestimmt und erst, nachdem dies geschehen war, das Wasser zu Versuchen verwendet wurde. In der Regel konnte durch das Reagens in dem destillierten und Brunnenwasser, welches stark oligodynamische Eigenschaften besass, gar keine Farbe hervorgerufen werden; nur ein einziges Mal zeigte das Wasser einen kaum bemerkbaren rötlichen Schimmer und enthielt also auch bei diesem Maximum des Gehalts weniger als $\frac{1}{100000000}$ NO_2H. Da nun, wie ich angeführt habe, der Zusatz von weniger als $\frac{1}{1000000}$ nur schwach giftige Erscheinungen hervorzubringen vermochte, so konnte die viel geringere Menge, die zuweilen im Wasser enthalten war, jedenfalls die schädlichen Eigenschaften desselben nicht verursachen. In der Folge wurde dann die Prüfung des Wassers auf salpetrige Säure unterlassen.

Die oligodynamischen Erscheinungen konnten also nicht von einem im Wasser absorbierten Gase herrühren. Dass sie durch eine feste, gelöste Verbindung verursacht

würden, war mir noch weniger wahrscheinlich wegen der Ergebnisse, welche die Versuche mit vielen unlöslichen und schwerlöslichen Körpern lieferten. Einerseits wurde die oligodynamische Wirkung in destilliertem Wasser vermehrt oder in neutralem Wasser hervorgerufen durch Körper, von denen man annehmen durfte, dass sie nicht oder nur in minimalen Mengen löslich seien. Andererseits wurde die oligodynamische Wirkung durch ganz unlösliche Körper und ferner durch micellarlösliche (colloide) Substanzen, die für sich selbst wirkungslos waren, geschwächt oder gänzlich aufgehoben. Ferner blieben in Gläsern, welche einige Zeit gefüllt mit oligodynamisch wirksamem Wasser gestanden hatten, sehr deutliche und merkwürdig lokalisierte Nachwirkungen zurück. Ich will die wichtigsten dieser Thatsachen hier anführen:

Zu den schwerlöslichen Körpern, welche oligodynamische Wirkung hervorbringen, gehören vor Allem die eigentlichen Metalle: Kupfer, Silber, Blei, Zinn, Eisen, Quecksilber. Besonders zahlreiche Versuche wurden mit gut gereinigten Münzen angestellt, weil dieselben eine leichte quantitative Abstufung und Bestimmung der wirksamen Oberflächen erlaubten und zwar durchweg in folgender Art.

Eine Reihe von Glasgefässen gleicher Form und gleicher Grösse wurde mit Wasser (beispielsweise mit je 500 oder 100 ccm. destilliertem Wasser) gefüllt. 3 Gläser blieben ohne weiteren Zusatz, 3 erhielten in dem besonderen Fall je eine Doppelkrone (Gold), 3 je 2, 3 je 4, 3 je 8 Doppelkronen. In jedes Glas wurde dann eine gleiche geringe Menge von Spirogyrenfäden gegeben. Die Gläser standen alle nebeneinander, gleicher Temperatur und gleicher Lichtwirkung ausgesetzt. Von Zeit zu Zeit wurden Proben aus den verschiedenen Gläsern unter dem Mikroskop untersucht. Der erfahrene Beobachter bemerkt übrigens mit blossem Auge die beginnende Veränderung. Es ergab sich nun, wenn das destillierte oder Brunnenwasser schwach oligodynamisch war, dass die 3 Gläser mit den 8 Doppelkronen zuerst, die 3 Gläser mit den 4 Doppelkronen später, diejenigen mit den 2 und mit 1 Doppelkrone und die 3 Gläser ohne Zusatz nach immer grösseren Zeiträumen oligodynamisch veränderte und abgestorbene Zellfäden zeigten.

Verwendet man zu dem Versuche neutrales Wasser, z. B. Quellwasser, so bleiben die Spirogyren in den Gläsern, welche keine Goldstücke enthalten, Wochen hindurch unverändert, während die übrigen, je nach der Menge des Metalls, früher oder später oligodynamisch absterben.

Zu bemerken ist, dass solche vergleichende Versuche zweckmässig mit nicht allzu empfindlichen Pflanzen und bei mässiger Temperatur angestellt werden, so dass die Wirkungen langsamer eintreten und die Zeitintervalle grösser ausfallen.

Den nämlichen Erfolg erhält man, wenn man bei den Versuchen Metallgefässe und Glasgefässe vergleicht. In silbernen Schalen und in vergoldeten Silbergefässen gingen die Spirogyren stets viel früher zu Grunde als in den Gläsern. Auch zwei Platinschalen zeigten dasselbe Verhalten; mit destilliertem Wasser steigerten sich in denselben die oligodynamischen Erscheinungen und mit fast neutralem Wasser starben die Spirogyren

in ihnen bald ab, während sie in Glasgefässen sich lange Zeit hindurch unverändert erhielten.

Wenn in ein Glas Wasser, in welchem sich eine geringe Menge von Spirogyren befindet, eine oder ein Paar Kupfermünzen gelegt werden, so sterben zuerst diejenigen Fäden oder an den Fäden diejenigen Zellen ab, welche das Kupfer unmittelbar berühren, dann diejenigen, welche in nächster Nähe sich befinden und indem dann die Wirkung allmählig weiter schreitet, werden zuletzt diejenigen Pflanzen ergriffen, welche am weitesten vom Kupfer entfernt liegen.

Nachdem sich gezeigt hatte, dass die Metalle dem Wasser oligodynamische Eigenschaften erteilen, wurde das destillierte oder das Brunnenwasser, wenn dasselbe nicht den hinreichenden Grad von Schädlichkeit besass, vor der Verwendung mit Metallen behandelt. Meistens diente hiezu das Kupfer. Durch einige Kupfermünzen, die mehr oder weniger lang in mehrere Liter Wasser gelegt wurden, konnte ein beliebiger Grad von Oligodynamik hergestellt werden. — Solches Wasser liess sich dann auf verschiedene Weise wieder unschädlich machen. Seine oligodynamischen Eigenschaften wurden vermindert und aufgehoben, indem unlösliche Körper einige Zeit in dasselbe gelegt wurden. Von solchen Körpern sind zu nennen einige wenige Elemente, wie Schwefel (als Stangenschwefel oder Schwefelblumen) und Kohlenstoff (als Graphit oder Russ), auch Koaks, Steinkohlen, Torf, — ferner einige Superoxyde, wie Braunstein, — dann neutrale oder fast neutrale organische Verbindungen, wie Stärkemehl, Cellulose (als schwedisches Filtrierpapier, Baumwolle, Leinwand oder Holz angewendet), Seide, Wolle, Stearinsäure, Paraffin etc.

Es wurde z. B. eine Anzahl gleicher Gläser mit oligodynamisch wirksamem Wasser gefüllt. Die einen erhielten keinen Zusatz, die andern steigende Mengen von Graphit, gereinigten Russ, Schwefelblumen, Stärkemehl oder Baumwolle. In jedes Glas wurde eine gleiche Menge von Spirogyrenfäden gegeben. Bei allen solchen Versuchen war das Resultat das nämliche. In den Gläsern ohne Zusatz starben die Pflanzen zuerst, etwas später in den Gläsern mit dem geringsten Zusatz und in allen übrigen Gläsern blieben die Pflanzen um so länger am Leben, je grösser der Zusatz war. Erreichte der letztere eine gewisse Grösse, so veränderten sich die Spirogyren überhaupt nicht, indem das Wasser neutral geworden.

Wie Baumwolle, Leinwand, Holz und Papier wirken auch die Algenzellen selbst, so dass ihre relative Menge bei manchen Versuchen das Ergebnis sehr wesentlich beeinflussen kann. Die Unkenntnis dieses Umstandes hatte im Anfange der Untersuchung mehrfache unrichtige Folgerungen veranlasst. Ich habe Eingangs erwähnt, dass aus den Kontrolversuchen geschlossen werden musste, das unvermischte, destillierte Wasser sei den Zellen nicht schädlich. Damals wurden immer nur 100 ccm. Wasser angewendet, und da noch die dem Physiologen geläufige Meinung bestand, dass das destillierte Wasser bloss durch den Mangel an Stoffen schädlich wirken könne, so empfahl es sich, den Kontrol-

gefässen mit unvermischtem destilliertem Wasser eher eine grössere Menge von Algenfäden zu geben, um so den Kontrolversuchen erhöhte Beweiskraft zu verleihen. Dieses Verfahren war bei den geringen Mengen von Wasser in den Gefässen unstatthaft.

Es stellte sich nämlich im Fortgang der Untersuchung bald heraus, dass scheinbar gleich behandelte Kontrolgläser zuweilen ungleiche Resultate ergaben. Eine Ursache hievon konnte in der verschiedenen Menge der zugesetzten Algenzellen bestehen; diese Vermutung wurde durch eigens hiefür angestellte Versuche zur Gewissheit.

Es wurde eine Reihe von Gläsern mit je 100 ccm. destilliertem Wasser so behandelt, dass dieselben gruppenweise steigende Mengen von Algenfäden erhielten. Das Ergebniss war, dass die Zellen um so früher sich veränderten und abstarben, je weniger Fäden sich in dem Glase befanden, und dass in den Nummern mit der grössten Menge von Spirogyren, die Zellen keine Veränderung zeigten, sondern unversehrt fortvegetierten. — Eine andere Versuchsreihe bestand aus ungleich grossen Gläsern; die kleinsten derselben mit bloss 100 ccm., die grössten mit 1000 ccm. schwach oligodynamischem Wasser. Jedes Glas erhielt eine möglichst gleich grosse Menge von Algenfäden. In den grössten Gläsern starben die Zellen zuerst ab; je weniger Wasser die Gläser enthielten, um so länger blieben die Zellen am Leben. In den kleinsten mit 100 ccm. Wasser trat eine Veränderung der Zellen gar nicht ein.

Aus beiden Versuchsreihen ergiebt sich übereinstimmend, dass die Spirogyrenzellen den schädlichen oligodynamischen Eigenschaften des Wassers um so eher zu widerstehen vermögen, in je grösseren Mengen sie darin enthalten sind, was nur dadurch geschehen kann, dass die lebenden Zellen gerade so wie Lein- und Baumwollfasern das oligodynamische Wasser neutralisieren. Hiebei ist aber selbstverständlich, dass die steigende Menge von Spirogyrenfäden nur so weit günstig wirkt, bis das Wasser neutralisiert ist und dass sie von diesem Punkte an schädlich wird.

In gleicher Weise wie feste Körper wirken micellarlösliche Verbindungen. Oligodynamisches Wasser, in welchem man Gummi, Dextrin, Eiweiss, Leim auflöst, wird je nach Umständen weniger schädlich oder neutral. Wenn von einer Reihe von Gläsern, die mit oligodynamischem Wasser gefüllt waren, drei ohne Zusatz blieben und die übrigen, in Gruppen von je drei, steigende Zusätze von Gummi erhielten, so starben die Spirogyren, die man nachträglich hineinbrachte, in den ersten drei Gläsern zuerst ab, in den übrigen Gruppen blieben sie um so länger unverändert, je grösser die Gummimenge war. Die chemisch verwandten, molekularlöslichen Verbindungen (Zucker) zeigten diese aufhebende Eigenschaft entweder gar nicht oder in viel geringerem Grade.

Das Glas selber schien ungleich sich zu verhalten, indem durch Glasplatten oder Glasperlen die oligodynamische Wirkung des Wassers vermehrt oder vermindert wurde. Im allgemeinen schien es, als ob neutrales und schwach oligodynamisches Wasser durch das Glas schädlicher, stark oligodynamisches dagegen weniger schädlich werde. Dieses ungleiche Verhalten des Glases klärte sich einigermassen auf, als die Metalle zur Er-

zeugung von Oligodynamik verwendet und dabei die Nachwirkung, welche sie in den Glasgefässen zurücklassen, entdeckt wurde. Von dem Vorhandensein der Nachwirkung hatte ich in der ersten Zeit der Untersuchung keine Ahnung. Die Gläser, die zu den Versuchen gedient hatten, wurden immer wieder verwendet. Sie wurden vorher zwar stets mit einer Bürste gereinigt und wiederholt ausgespült, auch wenn sie nur reines Wasser enthalten hatten. Im Verlaufe der Untersuchung kam es nun einige Male vor, dass die ganz gleich angesetzten Gläser einer Versuchsreihe nicht genau das gleiche Resultat gaben, dass z. B. von den drei Kontrolgläsern, die bloss Wasser enthielten, in dem einen die Pflanzen früher oder auch später oligodynamische Veränderungen zeigten als in den beiden andern oder dass von den drei Gläsern, die einen gleichen Zusatz zu dem Wasser erhalten hatten, das eine Glas sich günstiger oder ungünstiger erwies als die beiden andern. Diese Unregelmässigkeiten traten besonders hervor, als Versuche mit Metallen angestellt wurden. Für die Beantwortung der Frage nach der Ursache der Störungen tauchte die Vermutung auf, es möchte die Nachwirkung eines früher in dem Glase befindlichen Körpers sich geltend machen. Und diese Vermutung wurde auch alsbald durch eigens hiefür angestellte Versuche zur Gewissheit.

Man lege z. B. in ein Glas mit etwas Wasser mehrere Goldkronen, lasse dieselben einige Tage darin, nehme sie nun heraus, giesse das Wasser weg und spüle das Glas gut aus, so hat das Glas oligodynamische Eigenschaften angenommen. Wenn man mehrere Gläser in der angegebenen Weise behandelt, andere Gläser dagegen bloss mit Wasser gefüllt hält; wenn man nach dem Ausgiessen und Reinigen alle Gläser wieder mit Wasser füllt und mit Spirogyren ansetzt, so weist der Erfolg in den vorgängig mit den Goldmünzen behandelten Gläsern eine grössere Menge Oligodynamik nach als in den übrigen, indem die Algenzellen in jenen früher als in den letzteren sterben.

Durch das Metall werden an das Glas oligodynamische Eigenschaften abgegeben, welche es nachher wieder dem Wasser mitteilt. Die Aufspeicherung in dem Glasgefäss kann selbst ziemlich beträchtlich und auch ziemlich dauerhaft sein. Kupfer (gereinigte oder neue Zweipfennigstücke eignen sich ganz gut zu dem Versuche) macht das Glasgefäss stark oligodynamisch. Nach der Reinigung sterben die Spirogyren rasch darin ab; man kann das Gefäss dann noch 3 oder 4 mal nacheinander zur Kultur verwenden, bis die Nachwirkung so geschwächt ist, dass das Glas sich wie andere Gläser verhält, wobei selbstverständlich bei jeder folgenden Kultur bis zum Absterben der Zellen eine längere Zeit erfordert wird.

Wenn der Versuch in der angegebenen Weise ausgeführt wird, so konzentriert sich die Nachwirkung auf die Stelle, wo die Kupferstücke das Glas berührten. An dieser Stelle sterben die auf den Grund sinkenden Spirogyrenfäden zuerst ab, was man schon mit blossem Auge wahrnimmt, indem dieselben dort weiss werden, während sie sonst im Uebrigen noch grün sind. Man kann vermöge dieses Umstandes genau angeben, wo die Kupfermünzen in einem Glase gelegen haben.

Doch bedarf es zur Erzeugung der Nachwirkung nicht der unmittelbaren Berührung des Metalls. Wenn man oligodynamisches Wasser in einem Glasgefäss stehen lässt, oder wenn man in einem mit Wasser gefüllten Glasgefäss die Metallstücke frei aufhängt, so erhält das Glas ebenfalls oligodynamische Eigenschaften, die es nachher wieder auf neutrales Wasser übertragen kann, aber dieselben sind gleichmässig über die ganze Oberfläche verbreitet.

Gläser mit oligodynamischer Nachwirkung verlieren dieselbe langsam, wenn man sie wiederholt mit neutralem Wasser füllt und stehen lässt und schneller, wenn man sie in einer grossen Menge von neutralem Wasser kocht.

Die in diesem Kapitel mitgeteilten Untersuchungen wurden oft und in verschiedenen Variationen wiederholt und stets mit dem nämlichen Erfolg. Die Thatsachen standen unwiderruflich fest. Es handelte sich nur um die richtige Deutung derselben; und da schien es mir unmöglich, dass die oligodynamischen Wirkungen von einer gelösten Verbindung herrühren könnten. Wie sollten die minimalen Mengen, welche die fast unlöslichen Metalle an das Wasser abzugeben vermochten, so rasche und tötliche Verheerungen an lebenden Zellen anrichten? Wie sollte ferner eine Lösung durch unlösliche Körper, welche man in dieselbe legt, unwirksam werden? Wie sollte endlich ein löslicher Stoff an der glatten Fläche des Glases eine Nachwirkung derart hinterlassen, dass nach wiederholtem Ausspülen das Glas noch wochenlang neutralem Wasser todbringende Eigenschaften mitzuteilen vermag? Ich glaubte daher, die Ursache müsse wohl in einem imponderablen Agens gefunden werden, entweder in der Elektricität oder einer neuen analogen Kraft, und die Untersuchung wendete sich diesem Problem zu.

3. Prüfung der oligodynamischen Erscheinungen auf imponderable Ursachen.

Schon in den ersten Stadien der Untersuchung, als die stärksten Verdünnungen des Quecksilberchlorids und dann das destillierte, sowie das Brunnenwasser ohne allen Zusatz sich als tötlich erwiesen, fiel der Verdacht auf die Wärme. Das lag um so näher, als die Versuche in dem warmen August 1881 begonnen wurden und wie sich deutlich herausstellte, mit der Temperaturzunahme die Schädlichkeit des Wassers sehr erheblich steigerte. Die vergleichenden Beobachtungen zeigten dann auch sofort, dass die einen Proben eines Versuches, die in einer Temperatur von 15° C. gehalten wurden, erst nach längerer Zeit, die andern aber je mehr dieselben erwärmt wurden, um so schneller oligodynamische Erscheinungen zeigten. Bei 30° C. trat fast augenblicklich Absterben ein.

Gegen die Folgerung, dass die Wärme die selbständige Ursache der oligodynamischen Veränderungen sei, sprach aber der Umstand, dass die Spirogyren in den grossen Kulturgläsern, in denen sie gehalten wurden, Wochen hindurch bei der nämlichen hohen Zimmertemperatur gesund blieben, bei welcher kleine Portionen derselben, in die Versuchsgläser mit destilliertem oder Brunnenwasser verpflanzt, abstarben. Als nun mehrere Versuche in der Weise angestellt wurden, dass ein Teil der Gläser mit destilliertem Wasser, ein anderer mit Brunnenwasser und ein dritter Teil mit Wasser aus den grossen Kulturgläsern gefüllt, dann mit Spirogyren bepflanzt und darauf erwärmt wurde, so ergab sich, dass in den beiden ersten Partien die Pflanzen bald zu Grunde gingen, in der letzten aber, selbst nachdem die Temperatur 26 Minuten lang zwischen 25 und 30° C. geschwankt hatte, auf die Dauer unversehrt blieben. Dadurch wurde zugleich die merkwürdige Thatsache erwiesen, dass das Brunnenwasser, mit dem die grossen Kulturgläser ursprünglich gefüllt wurden, in diesen unschädlich geworden war. Die Ursache davon blieb vorerst noch rätselhaft; sie wurde erst später sicher erkannt und besteht, wie ich in dem vorhergehenden Kapitel angedeutet habe, darin, dass das oligodynamische Wasser durch die darin kultivierten Algen zum Teil auch durch das Glas selbst neutralisiert wird.

In dem früheren Stadium der Untersuchung, in welchem die Frage nach dem Verhalten der Wärme noch offen war, erschien es auch möglich, dass rasche Temperaturschwankungen die oligodynamischen Veränderungen bewirken könnten. Hierauf bezügliche Versuche zeigten die Grundlosigkeit dieser Vermutung. Denn einerseits traten die oligodynamischen Wirkungen in kürzester Frist ein, wenn bei hoher Zimmerwärme die Temperatur des Wassers in dem Kulturglase, aus dem die Spirogyren entnommen, und diejenige des destillierten oder Brunnenwassers in den Versuchsgläsern, in welche die Spirogyren verpflanzt wurden, weniger als um 0,1° C. von einander differierten. Anderseits traten die genannten Wirkungen viel langsamer ein, wenn die plötzliche Temperaturschwankung beim Umpflanzungsakt bis auf 8° C. betrug, sei es, dass die Spirogyren aus dem wärmeren Kulturglas in das kältere Versuchswasser versetzt wurden, seies, dass das Umgekehrte stattfand.

Der Temperaturwechsel lieferte also gerade ein günstigeres Resultat. Die Ursache dieser befremdlichen Thatsache beruht aber nicht etwa darin, dass ein solcher Wechsel an und für sich günstig wirken würde, sondern wohl in dem anderweitig festgestellten Umstande, dass unter übrigens gleichem Verhalten die oligodynamischen Erscheinungen um so rascher erfolgen, je lebhafter die Zellen vegetieren, also bezüglich der Temperatur, je mehr dieselbe sich dem Optimum nähert. Findet nun ein Temperaturwechsel nicht statt, so können beide Flüssigkeiten einen sehr günstigen Wärmegrad besitzen. Bei einem Wechsel von 8° C. ist entweder das Kulturwasser oder das Versuchswasser um so viel von der günstigeren Temperatur entfernt. Im erstern Fall besassen die Zellen bisher eine trägere Vegetation, die sich beim Erwärmen nur langsam steigert. Im

zweiten Falle hatten die Zellen bisher eine lebhafte Vegetation, die bei geringerer Wärme ziemlich rasch abfällt.

Die mitgeteilten Thatsachen beweisen, dass innerhalb der Temperaturgrenzen, bei welchen die Spirogyren leben können, die Wärmegrade und die Wärmeschwankungen für sich keine oligodynamischen Erscheinungen hervorzurufen vermögen, dass also diese eine andere Ursache haben müssen. Damit ist nicht ausgeschlossen, dass, wenn die Temperatur über jene Grenzen steigt, Veränderungen eintreten, welche den oligodynamischen sehr ähnlich sind.

Dass das Licht irgendwie die Ursache der oligodynamischen Erscheinungen sein könnte, war zwar nicht wahrscheinlich, da die Kulturgläser mit gesunden Spirogyren teils in der Sonne, teils im Schatten sich befanden. Dennoch wurden einige direkte Versuche ausgeführt, wobei sich zeigte, dass die Versuchsgläser, die in der Sonne, im Schatten und in einem vollkommen dunkeln Raume befindlich waren, sich nicht voneinander unterschieden, vorausgesetzt, dass im Uebrigen alles gleich gemacht war und dass der Versuch nicht allzu lange dauerte.

Weit mehr als die Wärme schien die Elektrizität dazu angethan, die oligodynamischen Erscheinungen erklären zu können. Es liess sich allenfalls denken, dass die Metalle als Elektrizitätserreger dieselben verursachten und dass, wenn auch voraussichtlich bei den angeführten Versuchen nur sehr geringe Mengen von Elektrizität frei wurden, in den Spirogyrenzellen ein Elektroskop hätte gefunden sein können, das alle andern an Empfindlichkeit überträfe.

Bei näherer Ueberlegung ergaben sich aber verschiedene Bedenken und zuletzt stellte sich die Unmöglichkeit der genannten Annahme heraus. Es war schon auffallend, dass die elektromotorische Spannungsreihe der Metalle eine ganz andere ist, als die Reihe, welche sich aus dem Grade der oligodynamischen Wirkung ergab. Während unter den Schwermetallen in Wasser Zink der stärkste Elektromotor ist, teilt Kupfer demselben die stärksten oligodynamischen Eigenschaften mit.

Wenn die Metalle das Wasser durch Elektrizitätserregung schädlich machten, so musste die aufhebende Wirkung der unlöslichen und micellarlöslichen Stoffe darin bestehen, dass dieselben in dem Wasser die entgegengesetzte Elektrizität frei machten. Es hätte also durch Kohle, Schwefel, Kohlenhydrate, eiweissartige Körper das neutrale Wasser negativ elektrisch und somit ebenfalls für empfindliche Zellen schädlich werden sollen. Bei den zahlreichen Versuchen, die mit den genannten Stoffen angestellt wurden, schien diese Voraussetzung einige Male einzutreffen; meistens aber war es entschieden nicht der Fall.

Wenn freie Elektrizität die oligodynamischen Eigenschaften des Wassers verursachte, so musste es entweder strömende oder ruhende Elektrizität sein. Strömende Elektrizität konnte es jedoch nicht sein, da das mit Metall behandelte Wasser nach Weg-

nahme des Metalls bei allen Versuchen in ungeschwächtem Masse verderblich wirkte und dieses Vermögen selbst nach wiederholtem Umgiessen in andere Glasgefässe behielt.

Spannungselektrizität konnte es ferner auch nicht sein. Als solche hätte sie sich an der Oberfläche anhäufen müssen, während bei den Versuchen die Wassermasse überall in ihrem Innern sich gleich verderblich erwies. Spannungselektrizität hätte zudem durch einen Leitungsdraht anderswohin geführt werden müssen, während bei eigens hiefür angestellten Versuchen die oligodynamischen Eigenschaften einer Wassermasse durch einen ableitenden Draht nicht vermindert wurden und neutrales Wasser durch Zuleitung nicht oligodynamisch erregt werden konnte.

Ein anderer Punkt, der noch angeführt werden mag, ist folgender. Bei der Berührung bleibt für die Menge der frei werdenden Elektrizität die Grösse des Volumens und der Oberfläche, vorausgesetzt, dass dieselbe begrenzt ist, gleichgültig. Das Wasser wird durch einen Zinkdraht, eine Zinkplatte oder einen Zinkcylinder gleich stark elektrisch, weil die entstehende Spannung bloss von der Natur der Körper abhängt. Die Elektrizitätsmengen, die bei Berührung von Wasser mit Zink, Kupfer, Platin jedesmal frei werden, hängen von nichts anderem als von der Stellung dieser Metalle in der Spannungsreihe ab. Der elektromotorische Prozess hört auf, sobald das Bestreben der geschiedenen Elektrizitätsmengen, sich miteinander zu vereinigen, so gross geworden ist, dass es der als Isolator wirkenden elektromotorischen Kraft das Gleichgewicht hält. — Ganz anders verhielt es sich mit dem Oligodynamischwerden des Wassers. Wenn mehrere Gläser mit der nämlichen Wassermenge die Einwirkung von 1, resp. 2, 3, 4 Kupferstücken, während 24 Stunden erfahren hatten, so zeigten sie mit der steigenden Menge der letztern zunehmende Grade von giftigen Eigenschaften. Ebenso wurde durch ein Kupferstück in der gleichen Zeitdauer viel Wasser schwach, wenig Wasser dagegen stark oligodynamisch.

Die genannten Thatsachen machten es im höchsten Grade unwahrscheinlich, dass die schädliche Einwirkung der Metalle auf die Spirogyrenzellen durch Elektrizität zu erklären sei. Um völlige Gewissheit zu erlangen, prüfte ich noch das Verhalten dieser Zellen zur Elektrizität direkt. Ein Versuch mit Reibungselektrizität wurde in folgender Weise ausgeführt. Neun Litergläser, deren Rand mit Paraffin überzogen war, wurden mit 1000 ccm. Brunnenwasser gefüllt und auf Glasscheiben gestellt. Die drei ersten Gläser wurden mit soviel positiver, die nächsten drei mit soviel negativer Elektrizität geladen, als 20 Umdrehungen mit der verwendeten kleinen Elektrisiermaschine hervorzubringen vermochten; die Probe zeigte, dass die Oberfläche des Wassers einen ziemlich intensiven Funken gab. Die letzten drei Gläser dienten zur Kontrole und wurden nicht mit Elektrizität versehen. In allen neun Gläsern befanden sich geringe Mengen von, Spirogyrenfäden; dieselben zeigten überall das gleiche Verhalten. Sie veränderten sich, da das Brunnenwasser schwach oligodynamische Eigenschaften besass, äusserst langsam, aber in den mit positiver und negativer Elektrizität geladenen Gläsern nicht mehr

als in den Kontrolgläsern. Nur in einem der positiv elektrischen Gläser war die Veränderung eine stärkere, was jedoch nicht als Wirkung der Elektrizität angesehen werden durfte, sondern als eine der damals noch hin und wieder vorkommenden Unregelmässigkeiten, die sich später als Folgen der dem Glase anhaftenden Nachwirkung erwiesen.

Eine zweite, ganz in der nämlichen Weise angestellte Versuchsreihe ergab dasselbe Resultat, indem die Spirogyren in den Proben mit eingeleiteter Elektrizität sich ebenso verhielten wie in den Proben ohne Elektrizität.

Bei einem weiteren Versuch wurde die Elektrizität durch den in einer Glasröhre eingeschlossenen Leitungsdraht auf den Boden des Glasgefässes geleitet. Sie blieb auch in diesem Falle ohne alle Wirkung.

Es versteht sich, dass bei solchen Versuchen darauf zu achten ist, dass das Wasser in den mit Elektrizität geladenen Gläsern nicht durch den Zuleitungsdraht oligodynamisch gemacht werde. Der letztere muss also, wenn er nicht von Platin, sondern von Messing oder Kupfer ist, von anhängendem Oxyd gereinigt sein und dem Wasser nur eine kleine Oberfläche darbieten.

Ferner wurde eine Silber- und eine Platinschale isoliert, mit Wasser gefüllt und mit Elektrizität geladen. Nach zwei Stunden waren geringe Veränderungen eingetreten, aber es waren die nämlichen, die auch ohne Elektrizität einzutreten pflegten.

Versuche mit Inductionselektrizität wurden in folgender Weise ausgeführt. Zwei an ihrem untern Ende mit Lehm verstopfte Glasröhren standen in einem Becherglase auf Lehmkugeln. Die Glasröhren waren mit Wasser gefüllt und in dieses wurden die beiden Pole (Kupferdrähte) gelegt. In dem Becherglas befand sich ebenfalls Wasser, so dass die Lehmkugeln damit bedeckt waren. Die Algenfäden ruhten auf den Lehmkugeln, so dass sie im Wasser eine Brücke zwischen denselben bildeten. Die Stärke des elektrischen Stromes war $\frac{1}{500000}$ Ampère[1]). Nachdem derselbe 5 Minuten angedauert hatte, zeigte sich in den Algenzellen nicht die geringste Veränderung.

Ein zweiter Versuch wurde in folgender Weise ausgeführt. Auf einem Objektträger wurde ein Wasserstreifen aufgetragen; in die beiden Enden dieses Wasserstreifens tauchten die Pole (Kupferdrähte), zwischen den beiden Polen, aber ohne dieselben zu berühren, befanden sich Spirogyrenfäden im Wasser. Ein Strom von $\frac{1}{50000}$ Ampère (10-mal stärker als im vorhergehenden Versuche) brachte nach einer Minute durchaus keine Veränderung hervor.

Bei einem dritten Versuche kamen die Algenfäden auch über die Kupferdrähte zu liegen und die Einwirkung des Stromes von $\frac{1}{50000}$ Ampère dauerte fünf Minuten lang. Hier beobachtete man nun nach Beendigung des Versuches in den Algenzellen, welche unmittelbar das Kupfer berührten, aber nur in diesen, ein Abrollen der Bänder wie bei oligodynamischer Veränderung. Dieses Resultat machte einen Kontrolversuch notwendig;

[1]) 1 Ampère ist der Strom, welcher in 1 Minute 10,5 ccm. Knallgas bildet oder in einer Stunde 4,03 g. Silber niederschlägt.

bei demselben lagen wie bei dem vorhergehenden Versuche die Spirogyrenfäden 5 Min. lang im Wasser auf einem Kupferdraht, aber ohne Einwirkung des Induktionsstromes. Es trat genau dieselbe Erscheinung ein und in der gleichen Stärke. Die Veränderung wurde somit durch das Kupfer allein, nicht durch den elektrischen Strom verursacht.

Bei den bisher angeführten Versuchen mit Elektrizität befanden sich die Spirogyren im Wasser. Es liess sich somit ein Vergleich mit den Erfahrungen über die oligodynamischen Erscheinungen anstellen und mit Bestimmtheit die Schlussfolgerung ziehen, dass die letztern einer andern Ursache zugeschrieben werden müssen; denn elektrische Spannungen, welche auf Wasser mit Spirogyrenzellen wirken, und elektrische Ströme, welche durch solches Wasser gehen, haben keine bemerkbaren Veränderungen zur Folge.

Mit diesem Resultate stimmen auch die Versuche überein, bei denen man die Einwirkung der Elektrizität bis auf den Grad steigerte, wo sie bemerkbar wurde. Benetzte Büschel von Spirogyrenfäden auf Holzstäbchen wurden dem geladenen Condensator einer kleinen Elektrisiermaschine genähert. Die Zellen blieben unverändert, wenn nicht unmittelbare Berührung statt hatte oder Funken übersprangen. Selbst wenn ein Büschel von 4—5 cm. Länge durch die Elektrizität angezogen und darauf abgestossen wurde, so dass er in Folge der abwechselnden Anziehung und Abstossung pendelartige Schwingungen nach dem Condensator hin und von demselben weg machte, und wenn dieses Spiel einige Zeit angedauert hatte, war an den Spirogyrenzellen noch keine Reaktion zu bemerken. Erst nach Berührung oder nach dem Ueberspringen von deutlichen Funken, also unter dem Einflusse eines stärkeren Entladungsstromes, wurden Umlagerungen im Zellinhalte beobachtet, auf welche ich später zurückkommen werde.

4. Die wahre Ursache der Oligodynamik.

Aus den bisher festgestellten Thatsachen musste geschlossen werden, dass für die Erklärung der oligodynamischen Erscheinungen eine Ursache ausserhalb des Rahmens unserer jetzigen Kenntnisse und Vorstellungen zu suchen sei. Die Erscheinungen entsprachen weder den Begriffen, die wir von dem Verhalten einer Lösung, noch denen, die wir von den Wirkungen der bekannten Kräfte haben. Es musste entweder ein neues Agens oder eine besondere Wirkungsart der gewöhnlichen Agentien sein. Ich neigte in diesem Stadium der Untersuchung der ersteren Annahme zu und sprach diese Meinung in einem über die bisherigen Beobachtungen berichtenden Vortrage in der k. b. Akademie der Wissenschaften aus. Als dann nach langer, durch Mangel an geeignetem Material verursachten Unterbrechung die Arbeit wieder aufgenommen werden konnte, richtete sich das Hauptaugenmerk auf die Entscheidung der Frage, ob gänzlich unlösliche Körper oligodynamische Wirkungen ausüben oder nicht.

Wie ich bereits angegeben habe, wurde das oligodynamische Wasser durch unlösliche Körper, wie Kohle, Schwefel, Braunstein, Holz, Stärkemehl, schwedisches Filtrierpapier, Baumwolle, Wolle, Seide, Federn u. s. w. unschädlich gemacht. Ihr Verhalten in neutralem Wasser war zweifelhaft, meistens blieben sie unwirksam, manchmal jedoch schienen sie eine schädliche Wirkung auszuüben. Dies geschah aber zu einer Zeit, als die Nachwirkung, die den Glasgefässen anhaften konnte, noch unbekannt war. Später, als die Gläser vor den Versuchen geprüft und nur solche, die bei der probeweisen Kultur von Spirogyren sich neutral erwiesen, verwendet wurden, stellte es sich heraus, dass die genannten Körper dem Wasser keine oligodynamischen Eigenschaften mitzuteilen vermochten.

Nun musste ferner entschieden werden, ob die Metalle als feste Körper oder als Lösung wirkten. Die meisten derselben sind in geringem Grade löslich; Gold und Platin konnten als in Wasser unlöslich gelten. Von diesen beiden Metallen waren Goldmünzen (Kronen und Doppelkronen) und Platinschalen zu den früheren Versuchen, welche ein oligodynamisches Resultat ergaben, verwendet worden. Die genannten Münzen enthalten 10% Kupfer.

Das reine Gold, welches aus Goldchlorid dargestellt wurde, war vollkommen indifferent, insofern als es dem Wasser, das durch Kulturproben sich als neutral erwiesen hatte, nicht die geringsten oligodynamischen Eigenschaften erteilte.

Ebenso verhielt es sich mit Platin, indem Platindrähte, die mit Salzsäure gereinigt worden waren, neutrales Wasser in keiner Weise zu verändern vermochten. Nun hatten zwar Platinschalen in einem früheren Stadium der Untersuchung dem neutralen Wasser oligodynamische Eigenschaften erteilt. Diese Schalen waren aber mehrfach behufs Algenkulturen mit destilliertem Wasser gefüllt gewesen und nur mit Wasser gereinigt worden. Erst später wurde die Nachwirkung, die den zur Kultur verwendeten Glasgefässen anhaftete, entdeckt. Diese Thatsache liess es als möglich erscheinen, dass auch den Platinschalen eine Nachwirkung angehaftet habe. Versuchsweise wurden dieselben mit Salzsäure gewaschen. In der That benahm ihnen diese Reinigung alle oligodynamische Wirksamkeit.

Damit war auch das Mittel, die Gläser von der Nachwirkung zu befreien, gefunden. Früher wurden sie zu diesem Behuf in einer grösseren Wassermenge längere Zeit gekocht, jetzt liess sich der nämliche Erfolg durch Waschen mit verdünnter Salz- oder Salpetersäure in kurzer Zeit erreichen.

Diese Wirkung der Säuren machte es wahrscheinlich, dass dieselben einen im Wasser schwerlöslichen Stoff von der Wandung der Gefässe entfernten, und ferner lag die Vermutung nahe, dieser Stoff möchte ein Metall, namentlich Kupfer sein.

Um hierüber Aufschluss zu erhalten, wurden grössere Mengen von oligodynamischem Wasser chemisch untersucht. In dem Rückstande von 10 l. destilliertem Wasser, welches deutliche Wirkungen in Spirogyrenzellen hervorbrachte, liess sich Blei, Zink, Kupfer

und Eisen nachweisen; Blei war in überwiegender Menge vorhanden. Ferner enthielt der Rückstand von 5 l. destilliertem, stark oligodynamischem Wasser Blei und Eisen.

Es war notwendig, eine Vorstellung über die Menge von Metall zu gewinnen, welche in dem oligodynamischen Wasser enthalten ist. Zu diesem Behuf wurde destilliertes Wasser, das sich als ziemlich neutral erwies, mit den Kupfermünzen, welche immer zur Infizierung des Wassers gedient hatten, versetzt. Eine Glasflasche mit 12 l. Wasser und 12 Zweipfennigstücken (dieselben bestehen aus 95 Kupfer, 4 Zinn, 1 Zink), die aufs sorgfältigste mit Sand abgerieben und gereinigt waren, blieb 3 Tage lang stehen. Dann wurden während 2 Tagen 10 l. davon partienweise herausgenommen und in einer Porzellanschale verdampft, so dass man annehmen kann, die 5 Kupfermünzen seien 4 Tage lang mit dem untersuchten Wasser in Berührung gewesen. Der Rückstand wurde in etwas Salzsäure aufgenommen und die Lösung mit Schwefelwasserstoff behandelt, der sehr geringe Niederschlag nach dem Waschen in Salpetersäure gelöst, die Lösung verdunstet und der Rückstand in Ammoniak gelöst. Diese 1 ccm. betragende Lösung war in Folge des darin enthaltenen Kupfers blau. Um die Menge desselben beurteilen zu können, wurde eine 1prozentige Kupfervitriollösung mit Ammoniak übersättigt und die tiefblaue Flüssigkeit verdünnt, bis bei gleicher Dicke der Flüssigkeitssäule der nämliche Grad von blauer Färbung erreicht war, wie bei obiger Lösung des Rückstandes. Es war Verdünnung auf das 20fache nötig, um die Gleichheit des Tones herzustellen. 1 ccm. der so verdünnten, aus Kupfervitriol gewonnenen Lösung enthielt 0,00013 g. Cu.; ebensoviel musste somit in der 1 ccm. betragenden Lösung des Rückstandes enthalten sein. Diese Menge Kupfer auf 10 l. berechnet, giebt ein Verhältnis von 1,3 Cu. : 100 Millionen Wasser oder 1 Cu. : 77 Millionen Wasser.

In 12 Liter Wasser, die 4 Tage lang mit 12 Zweipfennigstücken gestanden haben, befindet sich also eine bestimmbare Menge von Kupfer. Dieses Wasser hatte einen schwachen Metallgeschmack, die Spirogyren starben darin bei Zimmertemperatur in höchstens 1 Minute und zeigten somit einen sehr hohen Grad von Oligodynamik an. Das Wasser, das gewöhnlich zu den Versuchen diente, war bloss $^1/_5$ bis $^1/_{10}$ so stark oder auch noch schwächer. 1 Teil Kupfer erteilt also 1000 Millionen Teilen Wasser noch deutliche oligodynamische, für die Spirogyrenzellen tötliche Eigenschaften.

Das Kupfer löst sich als Hydroxyd (CuH_2O_2), das wohl stets mit Kohlensäure verbunden ist. In gleicher Weise findet die Lösung der übrigen Metalle, Silber, Zink, Eisen, Blei, Quecksilber u. s. w. statt.

Die oligodynamischen Eigenschaften des Wassers lassen sich also in allen Fällen auf Stoffe, die in demselben gelöst sind, zurückführen. Nun weicht aber das durch Metalle oligodynamisch gewordene Wasser in seinem Verhalten wesentlich ab von anderen Lösungen. Eine Salz- oder Zuckerlösung verliert ihre Eigenschaften nicht, wenn unlösliche Körper in dieselbe gelegt werden und sie erteilt den Wandungen des Gefässes nicht die Fähigkeit, reines Wasser wieder salzig oder süss zu machen, während analoge

Erscheinungen bei den Kupferlösungen eintreten. Ich glaubte anfänglich, dass diese Verschiedenheit auf der Schwerlöslichkeit der Metalle beruhe. Immerhin kommen einige besondere Erscheinungen nur bei schwerlöslichen Stoffen vor und ich will daher das Verhalten dieser letzteren besonders betrachten.

Die Sättigung einer Lösung beruht nach der Annahme der Physiker darauf, dass eine bestimmte Menge von Flüssigkeit nur eine bestimmte Menge von Lösungsmaterial aufzunehmen vermag und dass, da der Lösungsprozess an der Oberfläche der im Ueberschusse vorhandenen festen Substanz stets fortdauert, der Gleichgewichtszustand dadurch erhalten wird, dass in der Zeiteinheit ebensoviel Substanz von dem gelösten in den festen Zustand übergeht als umgekehrt.

Ein schwerlöslicher Körper ist also ein solcher, bei welchem von der Flächeneinheit und in der Zeiteinheit nur wenige Moleküle sich in die Flüssigkeit frei machen. Dies setzt voraus, dass die Bewegungen der Flüssigkeitsmoleküle nur selten die Schwingungen der Substanzmoleküle in fortschreitende Bewegung überzuführen vermögen, woraus auch folgt, dass die letzteren leicht sich an festen Gegenständen anheften und somit wieder in den unlöslichen Zustand übergehen.

Wir haben uns daher, wenn wir das Verhalten des durch Metalle oligodynamisch gemachten Wassers zu Hülfe nehmen, folgende Vorstellung von dem Vorgange zu machen. Als Beispiel will ich Kupfer annehmen. Kommt ein Stück Kupfer in reines Wasser, welches etwas Sauerstoff und etwas Kohlensäure enthält, so trennen sich langsam, aber stetig Kupferteilchen los, welche sich im Wasser verteilen und von denen ab und zu einzelne an die Wandung des Gefässes anstossen und daran hängen bleiben. So muss nach Massgabe, als die Lösung koncentrierter wird, auch die Zahl der an der Wandung haftenden unlöslichen Kupferteilchen zunehmen. Wenn der Sättigungsgrad erreicht ist, so kann eine Zeit lang noch ein Lösungsprozess an dem Kupferstück fortdauern, indem aus der Lösung mehr Teilchen an die Gefässwandung sich anlegen, als von derselben in die Flüssigkeit zurückkehren. Zuletzt stellt sich ein Gleichgewichtszustand in der Weise ein, dass der Kupferüberzug der Wandung ebenso viele Moleküle aus der gesättigten Lösung empfängt, als er an dieselbe abgibt.

Nimmt man das Kupferstück heraus, bevor Sättigung erfolgte, so dauert die Veränderung der Lösung noch so lange an, bis ein Gleichgewichtszustand in der Weise eingetreten ist, dass ebenso viel Kupferteilchen aus der Lösung an die Glaswandung, als von dieser in jene zurückgehen.

Giesst man eine solche Kupferlösung dann in ein anderes (reines) Glasgefäss, so nimmt ihre Konzentration so lange ab, bis zwischen der Lösung und dem sich bildenden Kupferbeleg ein neues Gleichgewicht hergestellt ist. Gibt man aber reines Wasser in ein mit einem Kupferbeleg versehenes Glas, so gehen von diesem so lange Kupferteilchen in das Wasser, bis das der Kupfermenge entsprechende Verhältnis zwischen Lösung und Niederschlag erreicht ist.

Es besteht also ein gewisses Verhältnis zwischen der Konzentration der Kupferlösung und der Mächtigkeit des kupfernen Wandbeleges, d. h. der Menge des der Flächeneinheit anhaftenden Kupfers. Die Gesamtmenge des Kupferüberzuges aber im Verhältnis zur Menge des gelösten Kupfers ist um so grösser, je grösser die Wandfläche, im Verhältnis zum Wasser.

Wir verstehen nun vollkommen alle Erscheinungen, welche die merkwürdige Neutralisierung des oligodynamischen Wassers durch unlösliche Körper darbietet. Dieselben wirken nicht anders als durch Vergrösserung der die Lösung begrenzenden Oberfläche. Bringt man Glasstäbe, Holz, Stärkemehl, Stearinkerzen u. s. w. in die Lösung, so legen sich Kupferteilchen an diese Gegenstände an und die Konzentration wird um so mehr vermindert, je grösser die Oberfläche derselben ist und je stärker ihre Anziehung auf Kupfer wirkt. Dem entsprechend vermindert sich die Schädlichkeit des durch Kupfer oligodynamisch gewordenen Wassers stets durch solche Körper; dasselbe kann auf diese Art zwar nicht frei von Kupfer, aber doch ganz unschädlich (neutralisiert) werden, wenn nämlich die in Lösung befindliche Kupfermenge so gering wird, dass sie das Zellenleben nicht mehr zu beeinträchtigen vermag.

Dieser Umstand wurde denn auch in einem Stadium der Untersuchung dazu benützt, um das destillierte oligodynamische Wasser zu neutralisieren. Dasselbe wurde nämlich längere Zeit tüchtig mit Schwefelpulver geschüttelt und dann filtriert, worauf es sich als unschädlich erwies.

Die löslichen Stoffe, die man dem durch Metalle oligodynamisch gemachten Wasser beimengt, verhalten sich, wie ich schon angegeben habe, je nach ihrem physikalischen Charakter ungleich. Der molekularlösliche Zucker verändert solches Wasser nicht, während die micellarlöslichen Dextrin und Gummi dasselbe ebenso wie Stärkemehl und Baumwolle neutralisieren. Die Kupferteilchen legen sich an die Oberfläche der Micelle (unsichtbar kleine krystallinische Körperchen), wie an feste Körper an, können aber durch die vereinzelten Moleküle der Molekularlösungen nicht festgehalten werden. Die Neutralisierung einer Kupferlösung durch Eiweiss, Leim, Gummi beruht auf einem ganz anderen Vorgang, als die Klärung einer trüben Flüssigkeit durch Eiweiss. Im letzteren Falle werden die suspendierten Teilchen mechanisch in einen Bodensatz niedergerissen, im ersteren Falle bleibt die Lösung ohne Niederschlag. Die Micellartheorie erhält durch diese Thatsache eine neue Bestätigung.

Die bemerkenswerte Erscheinung, dass in einer bestimmten Menge von schwach oligodynamischem Wasser eine kleine Anzahl von Spirogyrenfäden rasch abstirbt, während eine grössere Anzahl derselben viel später erliegt und eine noch grössere gar nicht affiziert wird, bietet nun keine Schwierigkeiten mehr dar. Die gelösten Kupferteilchen, welche auf die Algenfäden treffen, setzen sich zunächst an der Oberfläche und in der Substanz der Scheide denselben an und erst, wenn sich hier ein entsprechender Niederschlag gebildet hat, dringen sie auch in erheblicher Menge in das Innere der Zellen ein. Nur

die letztern vermögen die oligodynamischen Veränderungen hervorzubringen. Je weniger Algenfäden sich in einer gegebenen Lösungsmenge befinden, um so grösser ist die Zahl der Kupferteilchen, welche für die Aufnahme in die Zellhöhlungen disponibel bleibt. Sind die Spirogyren in grosser Menge vorhanden, so befindet sich nach Bildung des Kupferbeleges auf den Scheiden so wenig Kupfer in Lösung, dass es dem Zellenleben keinen Schaden mehr verursachen kann.

Auch die verschiedenen Thatsachen, die wir als Nachwirkung kennen gelernt haben, sind nun vollkommen erklärt. Ein Glas, in welchem während einiger Zeit Wasser mit Kupfer oder wässerige Kupferlösung sich befunden hat, besitzt einen Ueberzug von Metallteilchen. Derselbe gibt, wenn das Glas geleert und mit reinem Wasser gefüllt wird, Kupferteilchen an letzteres ab. Die Konzentration der neuen Kupferlösung hängt von der Menge des Wassers, von der Grösse der Oberfläche und von der Mächtigkeit des Kupferbeleges ab. Dass sich ziemlich viel Kupfer an die Glaswandung ansetzen kann, beweist die Thatsache, dass unter Umständen ein mit Nachwirkung begabtes Glas mehrmals nacheinander seinen Inhalt oligodynamisch zu machen vermag.

Dass der Kupferbeleg ziemlich fest an der Glaswandung anhaftet, ergibt sich aus dem Umstande, dass derselbe durch Reinigen mit einer Bürste nicht entfernt wird.

Wenn in einem reinen Glas die Nachwirkung durch Kupferlösung oder durch ein mitten im reinen Wasser aufgehängtes Kupferstück erzeugt wird, so verteilt sich begreiflicherweise der Kupferbeleg ziemlich gleichmässig über die Wandung. Wenn aber das die Nachwirkung verursachende Kupferstück einseitig die Wandung berührt, so müssen an dieser Stelle viel mehr gelöste Kupferteilchen anprallen und sich anlegen als an der übrigen Oberfläche, so dass der Kupferüberzug hier viel mächtiger wird. Dementsprechend geht nach Entfernung des Kupferstückes und Ersetzung der Lösung durch reines Wasser von dieser Stelle in der Zeiteinheit eine weit grössere Zahl von Kupferteilchen in Lösung, und unter den im Glase befindlichen Spirogyrenfäden erfahren diejenigen, die hier liegen, die oligodynamische Wirkung zuerst, oder wenn die Gesamtmenge des Kupfers gering ist, auch allein. Die Stelle der Glaswandung, welche früher ein Kupferstück berührt hat, verhält sich also wie ein im Wasser befindliches Kupferstück selber. Die diesem anliegenden Algen sterben zuerst und die übrigen im Wasser befindlichen um so früher, je näher sie liegen.

Es ist nun leicht, das mannigfaltige Verhalten des Wassers von ungleichem Herkommen zu verstehen. Wenn man weiss, woher ein Wasser stammt, mit welchen löslichen und unlöslichen Stoffen es in Berührung gekommen ist, so kennt man den grössern, geringern oder mangelnden Gehalt desselben an oligodynamischen Eigenschaften. Wie ich früher schon angegeben habe, ist das Wasser aus Quellen, Flüssen, Sümpfen, Torfmooren, Seen neutral. Die schwerlöslichen, oligodynamisch wirksamen Stoffe (Metalle), die es einmal enthalten mochte, haben sich auf unlösliche Körper niedergeschlagen und die geringen Mengen der noch in Lösung befindlichen Verbindungen sind unschädlich.

Nachdem ich das Verhalten der schwerlöslichen Körper, welche oligodynamische Wirkungen hervorbringen, besprochen habe, will ich noch dasjenige der leichter löslichen Verbindungen darlegen. Die meisten derselben lassen durchaus keine Nachwirkung in den Gläsern zurück, sie mögen in gesättigter oder verdünnterer Lösung während kürzerer oder sehr langer Zeit darin gestanden haben. Dies wurde beobachtet an Schwefelsäure und andern Säuren, an Aetzkali, an verschiedenen Kali-, Natron- und anderen Salzen, an verschiedenen organischen Substanzen. Dagegen gibt es einige Verbindungen, welche bezüglich der Nachwirkung sich ähnlich wie metallisches Kupfer verhalten.

Lässt man eine gesättigte Lösung von Kupferchlorid einige Tage in einem Glasgefäss stehen, giesst dieselbe aus, reinigt das Glas durch mehrmaliges Ausspülen mit neutralem destilliertem Wasser und Abreiben mit einer Bürste und füllt es dann mit neutralem Wasser, so erweist sich dieses in kurzer Zeit oligodynamisch und es treten an den Spirogyren die nämlichen Erscheinungen ein, wie wenn früher metallisches Kupfer sich in dem Glase befunden hätte. — Wie Kupferchlorid verhalten sich andere, leicht lösliche Kupfersalze, ebenso Silber- und Quecksilbersalze.

Dieses Ergebnis war gegen meine Erwartung, da es im Widerspruche zu stehen schien mit der Thatsache, dass ein Glas, in dem sich Wasser und Kupfer befunden und ein dünner Beleg von Kupferoxydhydrat gebildet hat, durch Ausspülen mit verdünnter Salzsäure von der Nachwirkung befreit wird, woraus ich den Schluss zog, dass Kupferchlorid wegen seiner leichten Löslichkeit an der Glaswandung nicht haften könne. Die beiden genannten, scheinbar sich widersprechenden Thatsachen lassen sich durch folgende Erklärung, die übrigens schon von vorneherein sich als sehr wahrscheinlich hätte darbieten müssen, in Uebereinstimmung bringen.

Wenn eine Lösung sich in einem Gefäss befindet, so legen sich Moleküle an die Wandung an und bilden einen Beleg. Die Mächtigkeit des letzteren, d. h. die Zahl der an der Flächeneinheit befindlichen Moleküle, hängt ab von der Verwandtschaft der Gefässwandung zur Substanz des gelösten Stoffes, von der Verwandtschaft desselben zum Wasser oder dem Grade seiner Löslichkeit und von der Konzentration der Lösung. Von der Verwandtschaft des gelösten Stoffes zur Substanz der Gefässwandung wissen wir vorerst nichts; wir können aber vermuten, dass Kupferoxydhydrat, Kupferchlorid, salpetersaures Kupfer sich gegenüber von Glas ziemlich ähnlich verhalten werden. Was die Verwandtschaft zum Wasser betrifft, so muss aus Lösungen gleicher Konzentration um so mehr sich an die Wandung anlegen, je geringer die Löslichkeit ist. Was endlich den Konzentrationsgrad der Lösung anlangt, so muss von derselben Verbindung eine um so grössere Zahl von Molekülen sich an die Wandung anlegen, je konzentrierter die Lösung ist.

Hierdurch erklären sich alle beobachteten Thatsachen. Vergleichen wir zunächst bloss das schwerlösliche Kupferoxydhydrat und das leichtlösliche Kupferchlorid. Beide haben in Lösungen von 1 : 10 Millionen Wasser oligodynamische Wirkungen. Eine

gesättigte Lösung von Kupferoxydhydrat hinterlässt in dem Glase, in dem sie gestanden, eine sehr starke Nachwirkung, während aus einer gleichen oder auch ziemlich konzentrierteren Lösung von Kupferchlorid sich so wenig an die Glaswand anlegt, dass eine Nachwirkung an Spirogyrenzellen nicht bemerkbar ist. Aber in einer stark konzentrierten oder gesättigten Lösung von Kupferchlorid wird der Wandbeleg so mächtig, dass nach wiederholtem Reinigen, während dessen das Spülwasser doch nur kurze Zeit lösend einwirkt und nur einen verhältnismässig geringen Teil wegnimmt, immer noch genug für eine kräftige Nachwirkung übrig bleibt.

Dass der Beleg von Kupferoxydhydrat durch Salzsäure haltiges Wasser, welches Kupferchlorid bildet, entfernt wird und der Beleg von Kupferchlorid nach gleich langer Behandlung mit Wasser grösstenteils unversehrt zurückbleibt, ist leicht begreiflich. Im ersten Fall geraten alle Atome des wandständigen Kupferoxydhydrats in heftige Bewegung, indem sich das Cl der Salzsäure mit Cu, und das H der Salzsäure mit OH des Kupferoxydhydrats verbindet. Es ist begreiflich, dass die Moleküle Cl_2Cu vermöge der Bewegung, in der sie sich im Moment ihrer Bildung befinden, zum weitaus grössten Teil als Lösung ins Wasser gehen, zu dem sie eine grosse Verwandtschaft haben, und dass nur äusserst wenige vielleicht sich an die Wandung anlegen, welche eine geringe Anziehung ausübt. Anders verhält es sich, wenn kupferfreies Wasser mit einem Beleg von Kupferchlorid in Berührung kommt: Die in Ruhe befindlichen Moleküle des letzteren werden nur langsam durch die Bewegungen der Wassermoleküle in Lösung übergeführt.

Das Brunnenwasser, das zu den oben besprochenen Versuchen verwendet wurde, wirkte bald oligodynamisch, bald neutral; im Anfang der Untersuchung war es zufällig durchweg schädlich. Nachdem die Wirkung der Metalle erkannt war, wurde auch das genannte ungleiche Verhalten aufgeklärt. Der Brunnen, der sich im pflanzenphysiologischen Institut (1. Stock) befindet, hat Wasser von der städtischen Leitung mit Bleiröhren von dieser Leitung bis zum Ausfluss und ist mit einem Messinghahn versehen. Die Versuche ergaben nun, dass, wenn der Hahn einige Zeit geschlossen war, der erste Liter Wasser die Spirogyren bald tötete, während der zweite wenig schädlich und die folgenden neutral waren. Der erste Liter war seit dem Schluss des Hahns nicht nur mit dem Blei der Röhren, sondern auch mit dem Messing des Hahns in Berührung und enthielt namentlich etwas Kupferoxydhydrat; das durchströmende Wasser aber vermochte während der kurzen Zeit keine bemerkbare Menge von Metall zu lösen. Sowie dies bekannt war, lag es in der Gewalt des Experimentators von dem Brunnen nach Belieben oligodynamisches oder neutrales Wasser zu entnehmen. Um unschädliches Wasser zu haben, musste man es zuvor einige Zeit laufen lassen.

Das destillierte Wasser, das zur Verfügung stand, zeigte sehr ungleiche Eigenschaften; bald war es sehr schwach, bald sehr stark oligodynamisch. Es verhielt sich in dieser Beziehung ganz analog wie das Brunnenwasser. Wenn einige Tage nicht destilliert worden war, so erwiesen sich die ersten Liter durch das in dem Apparat zurückgebliebene Wasser sehr schädlich, indes nach längerem Destillieren das Destillat fast unschädlich wurde.

Die verschiedenen Destillierapparate werden sich bezüglich der oligodynamischen Eigenschaften ihres Produktes ungleich verhalten, so dass darüber weiter nichts zu sagen ist. Um neutrales, destilliertes Wasser zu haben, musste ich in Glas destillieren lassen.

5. Die Spirogyrenzellen und ihre Veränderungen durch äussere Ursachen.

Um die Erscheinungen der oligodynamischen Erkrankung und ihre Verschiedenheit von den Wirkungen anderer schädlichen Einflüsse verständlich zu machen, muss ich zuerst in Kürze die anatomischen Verhältnisse der Versuchspflanzen darlegen. Für den Nichtbotaniker schicke ich voraus, dass die Spirogyren zu den im Wasser lebenden grünen Fäden (Wasserfäden) gehören, dass sie gegliedert sind und dass jedes Glied aus einer cylindrischen Zelle besteht. Man kann sich also den Faden als einen durch Querwände abgeteilten Hohlcylinder vorstellen. Diese Scheidewände bestehen meist deutlich aus zwei Platten, von denen jede einem Fach, d. h. einer Zelle angehört. Jede Zelle ist mit einem oder mit mehreren gleichlaufenden grünen Spiralstreifen gezeichnet.

Spirogyra nitida, welche sich neben der verwandten Spirogyra dubia am geeignetsten für die Beobachtung der oligodynamischen Erscheinungen erwies, besitzt einen Durchmesser von 0,1 mm. Die Zellen haben je nach dem Vegetationszustande eine sehr ungleiche Länge; bald sind sie kaum länger als der Durchmesser, bald übertreffen sie denselben bis auf das 6 fache, sehr selten bis auf das 10 fache. Die Zellwandung ist 4 Mik. (= 0,004 mm.) dick und besteht aus der eigentlichen Zellmembran und der den ganzen Faden ununterbrochen überziehenden Scheide; letztere ist doppelt so dick als erstere.

Der feste, plasmatische Inhalt besteht aus drei konzentrisch angeordneten Systemen. Wie in allen Pflanzenzellen befindet sich zunächst an der Membran der ihr dicht anliegende, äusserst dünne, farblose Plasmaschlauch, welcher wegen seiner Dünnheit in der natürlichen Lage nicht sichtbar ist, aber sofort deutlich wird, wenn er sich in verdünnten Lösungen von Zucker, Glycerin, Salzen oder Weingeist von der Zellmembran zurückzieht.

Auf denselben folgen, jedoch auf die Cylinderfläche beschränkt, die grünen Spiralbänder, welche bei Spirogyra nitida in der Zahl von 5, selten 4 oder 6 vorhanden sind, und in den kurzen Zellen 7/8 bis 1 Windung, in den langen 2 bis 2½ Windungen beschreiben.

Die Spiralbänder sind, wie bei allen Spirogyren, rinnenförmig, mit halbrundem Querschnitt und nach innen gekehrter, konvexer Seite, so dass zwischen einem Band und dem Plasmaschlauch ein halbkreisförmiger Kanal sich befindet. Die beiden Ränder des rinnenförmigen Bandes sind gezackt, so dass sie nur mit einzelnen Punkten, nämlich mit den Spitzen der Zacken, den Plasmaschlauch berühren. Die Einbuchtungen zwischen den Zacken stellen bogenförmige Eingänge dar, durch welche eine Kommunikation zwischen der Zellhöhlung und dem Hohlraum der Rinne hergestellt und ebenso ein ungehinderter Durchgang für Körperchen, welche in der Längsrichtung an dem Plasmaschlauch sich fortbewegen, ermöglicht wird. Ein grünes Band, von der Seite angesehen, muss also wie ein von Pfeilern, zwischen denen man unten durchgehen kann, getragener Viadukt erscheinen.

Das rinnenförmige Band ist an den beiden (gezackten) Rändern dünn und nimmt nach der Mitellienie an Dicke zu. Hier springt der Rücken leistenartig oder kammartig vor und erscheint auf der Flächenansicht als ein scharf begrenzter, dunkelgrüner Rückenstreifen; zuweilen mangelt derselbe streckenweise, besonders an den Enden der Spiralbänder; manche Spirogyra-Arten besitzen ihn gar nicht.

In den Fäden mit kurzen Gliedern haben die Spiralbänder sehr flach ansteigende Windungen; sie sind breiter, sehr reich gezackt und berühren sich beinahe, so dass die Zellen ganz grün erscheinen. Strecken sich die Glieder in die Länge, so wachsen Zellwandung und Plasmaschlauch stärker als die Bänder; die letzteren rücken auseinander, indem ihre Windungen steiler ansteigen; sie werden schmäler und zugleich spärlicher gezackt.

In den Spiralbändern befinden sich mit grösseren oder geringeren Abständen die ringförmigen, aus vielen kleinen Teilkörnern bestehenden Stärkekörner. Dieselben sind morgens klein, werden durch die assimilierende Thätigkeit der Chlorophyllbänder den Tag über grösser, um während der Nacht durch Auflösung der Stärke wieder abzunehmen. Auch ausserhalb der ringförmigen Stärkekörner können in einem Chlorophyllband sich einzelne kleine Stärkekörnchen bilden.

Den beiden peripherischen Plasmasystemen, dem Plasmaschlauch und den demselben anliegenden grünen Spiralbändern steht, durch einen grossen Abstand getrennt, das zentrale System gegenüber. Dasselbe wird durch den Zellkern mit etwas anliegendem, festem Plasma gebildet. Wenn man die Spirogyrenfäden von der Seite ansieht, erscheint der Zellkern bei Spirogyra nitida und vielen andern Arten rechteckig, bei einigen dagegen linsenförmig. In Wirklichkeit ist er bei den ersteren cylindrisch und in der Richtung der Zellenaxe wenig verlängert; unmittelbar nach der Zellteilung ist er der Scheidewand genähert und in der Achsenrichtung verkürzt.

Mitten im Zellkern befindet sich das aus dichterer Substanz bestehende kugelige Kernchen; äusserst selten sind zwei Nucleoli vorhanden.

Von den beiden Kanten des cylinderförmigen Kerns (scheinbar von den Ecken des Rechteckes) strahlen Plasmafäden aus, die, nicht selten nach aussen sich verzweigend, mit ihren äussern Enden an den nach der Zellhöhlung vorspringenden Rücken der Spiralbänder sich ansetzen und zwar an solche Stellen, wo Stärkekörner liegen. Durch diese in kräftig vegetierenden Zellen sehr zahlreichen Plasmafäden wird der Zellkern unbeweglich in der Mitte des Lumens schwebend erhalten.

An dem Plasmaschlauch, dem Zellkern und an den Plasmafäden haften winzige Plasmakörnchen, welche nach verschiedenen Richtungen hin fortgleiten, oft auch wieder zurückgehen. Indem mehrere Körnchen sich in gleicher Richtung bewegen, entsteht der Anschein eines Strömchens. Viele Strömchen zusammen können mehr oder weniger deutlich ein Netz darstellen. An den Plasmafäden laufen die Körnchen ziemlich ausschliesslich in der Längsrichtung derselben, am Plasmaschlauche überwiegend in der Richtung der Zellenachse; hier gehen sie unter den Spiralbändern zwischen deren Zacken hindurch.

Der Raum in der Zelle, welcher zwischen dem Kern und den peripherischen Plasmasystemen sich befindet, und ebenso die Hohlräume zwischen den rinnenförmigen Spiralbändern und dem Plasmaschlauche sind mit der Zellflüssigkeit erfüllt, welche aus Wasser und darin gelösten Stoffen besteht. Die letztern sind teils molekularlösliche, organische und unorganische Verbindungen, teils micellarlösliches Plasma, welches in besonders reichlicher Menge vorhanden ist und bei verschiedenen krankhaften Veränderungen sich körnig ausscheidet.

Das geschilderte Verhalten der Spirogyrenzellen ist das normale. Bei kräftigem Vegetationszustande lassen Tausende von Fäden nicht die geringste Abweichung wahrnehmen. Wirken aber schwache, schädliche Einflüsse ein, so treten geringe Störungen ein; man findet sie an wildwachsenden, häufiger aber an kultivierten Pflanzen. Die einen sind Störungen im Teilungsvorgange, die man als Missgeburten bezeichnen könnte und die den Vegetationsprozess weiter nicht beeinträchtigen. Hieher gehören folgende Erscheinungen.

Einzelne Querwände sind nicht vollständig, sondern haben ein grösseres oder kleineres Loch in der Mitte, durch welches die Zellflüssigkeiten und manchmal auch die Chlorophyllbänder der beiden Zellen in ununterbrochener Verbindung stehen. Die Scheidewandbildung ist hier unvollendet geblieben. — Die erwähnte Erhaltung der Spiralbänder ist ein Beweis dafür, dass dieselben oft erst in einem späten Stadium der Teilung sich spalten. Geschieht dies, so geraten sie wohl auch in Unordnung, so dass ein Band über ein oder mehrere Bänder kreuzend hinweggeht, welcher Zustand anfänglich am Ende

der cylindrischen Zelle, später aber im Verlaufe des Wachstums und der Zellteilungen auch in der Mitte einer Zelle beobachtet wird.

Die unvollkommene Teilung kann sich auch in der Lage des Zellkerns kundgeben. Er befindet sich dann nicht in der Mitte seiner Zelle, sondern oft sehr nahe dem einen Ende derselben. So oft dies der Fall ist, wird ganz das nämliche in der benachbarten Zelle beobachtet, so dass die beiden Kerne, die durch Teilung aus einem Mutterkern hervorgegangen, einander genähert sind. — Viel seltener kommen in einer Zelle zwei Kerne vor, indem die Scheidewandbildung ganz ausgeblieben ist. Dieselben können sogar noch durch Plasmafäden mit einander verbunden sein.

Die genannten Unregelmässigkeiten haben keine nachteiligen Folgen für das vegetative Zellenleben. Andere Störungen, die durch äussere schädliche Einflüssse verursacht werden, steigern sich beim Andauern dieser Einflüsse, bis sie mit Tod und Fäulnis enden. Sie treffen alle Teile des Inhaltes und stellen das natürliche Absterben dar.

Die Spiralbänder bleiben beim natürlichen Absterben zwar am Plasmaschlauch aber verändern hier ihre Lage; sie werden der Zellenachse mehr oder weniger parallel, biegen sich hin und her und geraten oft ganz in Unordnung, wobei sie stellenweise bis zur Berührung sich nähern können; dann zerfallen sie in kleine Stücke. Die Spiralbänder verändern ferner ihre Gestalt: die Zacken vermindern sich und verschwinden zuletzt ganz; das Band wird schmäler, verliert seine Rinne und nimmt einen ovalen oder rundlichen Querschnitt an.

Die von dem Zellkern ausgehenden Plasmafäden werden beim natürlichen Absterben weniger zahlreich und verlieren sich vollständig; dabei rückt der Kern an die Wandung, vergrössert sich und rundet sich ab. Seine Substanz wird körnig, ebenso die des Kernchens, und die Kernmembran hebt sich einseitig als Blase ab.

Die strömende Bewegung hört auf. In der Zellflüssigkeit, meistens zuerst an den Scheidewänden, scheiden sich winzige Körnchen aus, die sich in tanzender Bewegung befinden und zuletzt oft die ganze Zellhöhlung dicht erfüllen. Der Plasmaschlauch wird dunkel, erscheint körnig und zieht sich etwas von der Membran zurück, indem die Turgescenz der Zelle sich vermindert und in gänzliche Schlaffheit übergeht.

Die geschilderten Veränderungen charakterisieren das natürliche Absterben, wie man es so häufig bei Zimmerkulturen beobachtet. Auf den natürlichen Standorten ist es meistens in den tieferen Teilen der Rasen und schliesslich in den ganzen Rasen zu treffen. Die ersten Merkmale der Erkrankung werden bald an den Chlorophyllbändern, bald an den Strömchen, am Zellkern oder in der Zellflüssigkeit sichtbar.

Nicht selten sterben zuerst die Endzellen eines Fadens ab und trennen sich los. Seltener machen mittlere Glieder den Anfang, wobei der Faden in Stücke zerbricht. Häufig erkranken alle Zellen eines Fadens gleichzeitig, wobei der letztere meist nicht in einzelne Teile zerfällt.

Um einen Ueberblick über die krankhaften Veränderungen, welche durch die gemeiniglich als Gifte bezeichneten Stoffe hervorgebracht werden, zu gewinnen, müssen wir sie einmal von den oligodynamischen Veränderungen unterscheiden. Die nämlichen Stoffe, welche in minimalen Mengen die letztern bewirken, verursachen in grösseren Gaben die ersteren, die ich, um eine Bezeichnung zu haben, die chemischen oder chemisch-giftigen Wirkungen nennen will, weil damit wohl ihr hauptsächlichster Charakter angedeutet sein dürfte.

Ferner ist zu bemerken, dass die chemisch-giftigen Stoffe nicht eine besondere Gruppe von Verbindungen darstellen, sondern alle löslichen Verbindungen umfassen, indem auch die unschädlichsten in hinreichender Konzentration giftig werden. Hier tritt aber der besondere Umstand ein, dass gerade diese unschädlichsten Stoffe in noch grösserer Konzentration durch Diosmose physikalische Veränderungen bewirken, welche selbständig oder in Verbindung mit der chemisch-giftigen Aktion die Tötung der Zellen vollziehen.

Die löslichen Stoffe können also drei verschiedene Kategorien von tötlichen Erkrankungen verursachen: in grösster Menge die physikalische, in grösster und mässiger Menge die chemische, in geringster Menge die oligodynamische. Dabei fasse ich die Wirkungen der minimalen Mengen vorläufig als oligodynamische zusammen; ich werde später eine besondere Gruppe davon ausscheiden. Auf die physikalischen Veränderungen der Zellen in konzentrierten Lösungen, wozu sich am besten Zucker, Salze, Alkohol eignen, brauche ich nicht näher einzutreten. Es genügt, daran zu erinnern, dass je nach Umständen entweder die ganzen Zellen zusammengedrückt, oder bloss der von der Membran sich ablösende Plasmaschlauch kontrahiert wird, bis er zuletzt fast nur noch die unlöslichen Inhaltskörper umschliesst.

Was die chemisch-giftigen Veränderungen betrifft, so sind dieselben sehr manigfaltig, indem sie nicht nur bei den verschiedenen chemischen Verbindungen, sondern auch bei den verschiedenen Konzentrationen der nämlichen Verbindung und endlich auch bei verschiedenen Vegetationszuständen ungleich ausfallen können. Ich will keine vollständige Darstellung versuchen, sondern nur einzelne Momente hervorheben, welche den Charakter der chemisch-giftigen Einwirkung darthun. Ich übergehe daher namentlich das Verhalten der stärkeren Konzentrationen, welche die Zellen so rasch töten, dass bemerkbare Veränderungen an denselben nicht oder nur in geringem Grade eintreten, und ebenso das Verhalten der Lösungsmittel, welche bestimmte Verbindungen in den Zellen verschwinden machen.

Durch die Einwirkung der chemisch-giftigen Stoffe verlieren die Spiralbänder, ohne ihre Lage am Plasmaschlauche zu verändern, die Rinne und den kammartigen Rücken und werden mehr und mehr cylindrisch, indem sie besonders bei der Einwirkung von Säuren noch stärker aufquellen. Hie und da kommt es auch vor, dass sie in grössere

oder kleinere Stücke zerfallen. — Zuweilen trennen sich die ringförmigen Stärkekörner in die einzelnen Teilkörner.

Die Plasmafäden, welche Kern und Spiralbänder verbinden, zerreissen. Der Kern geht an die Wandung. Er quillt nebst dem Kernchen auf; oder beide werden körnig und verkleinern sich etwas. Zuweilen bläht sich seine Membran blasenförmig auf. — Die Strömchen stehen still. In der Zellflüssigkeit wird häufig keine Veränderung sichtbar; in andern Fällen findet Trübung und Körnchenausscheidung statt. Die Körnchen tanzen entweder frei in der Flüssigkeit, wobei sie gleichmässig durch die Zelle verteilt, meistens aber einer Scheidewand genähert sind. Oder sie lagern sich zwischen die Spiralbänder und in der Rinne derselben an und bleiben unbeweglich an den Bändern und dem Plasmaschlauch befestigt. — Die Löw'sche Silberlösung bewirkt reichlichen Körnchenniederschlag und färbt denselben schwärzlich, während Plasmaschlauch, Spiralbänder und Zellkern ungeschwärzt bleiben.

Der Plasmaschlauch kontrahiert sich etwas und die Turgescenz der Zelle hört auf.

Um sich einen raschen Ueberblick über die Veränderungen, welche die Wärme an den Spirogyrenzellen hervorbringt, zu verschaffen, kann man einen an einem Holzstäbchen hängenden benetzten Büschel von Fäden einer Flamme oder dem heissen Ofen auf kurze Zeit nahe bringen, wobei natürlich die Fäden nass bleiben müssen. Man findet dann von der Seite, die der Wärmequelle zugekehrt war, bis zu der abgekehrten Seite alle Grade der Veränderung von abgestorbenen bis zu vollkommen unveränderten Zellen. Oder man kann den Objektträger, auf welchem Spirogyren ausgebreitet sind, kurze Zeit über eine Flamme halten. Man beobachtet dann gleichfalls von der Stelle, welche der Flamme am nächsten war, bis zu den entfernteren Stellen die verschiedenen Abstufungen der Wärmeeinwirkung.

Um den Einfluss der Temperatursteigerung genauer zu verfolgen, müssen die Spirogyren in Wasser von bestimmten Wärmegraden gebracht und längere Zeit auf diesen Temperaturen erhalten werden. Unter 30° C. zeigt Spirogyra nitida keine Veränderungen, insofern das Wasser oligodynamisch-neutral ist.

Bei 30 und 31° C. können die Veränderungen 24 Stunden lang ausbleiben. Es kann aber auch sich etwas unlösliches Plasma aus der Zellflüssigkeit ausscheiden, die Spiralbänder etwas in Unordnung geraten und der Zellkern, indem die Plasmafäden teilweise reissen, an die Wandung gehen.

Bei 33 bis 35° C. ziehen sich schon nach einer Stunde, bald auch früher, bald später, die Spiralbänder von dem Plasmaschlauch ins Innere der Zelllhöhlung zurück, indem sie die Zacken verlieren und den Querschnitt abrunden. In der Zellflüssigkeit scheiden sich reichliche Körnchen aus.

Bei 38 bis 40° C. nehmen die Bänder, ohne sich vom Plasmaschlauch abzulösen, bald einen rundlichen Querschnitt an, indem sie mehr oder weniger aufquellen. Der Zellkern kontrahiert sich und seine Membran schwillt blasenförmig an. Aus der Zellflüssigkeit scheidet sich etwas körniges Plasma aus; der Plasmaschlauch wird dunkel und zieht sich etwas von der Zellmembran zurück.

Die angegebenen Veränderungen bei den angegebenen Temperaturgraden können aber keinen Anspruch auf Beständigkeit erheben, da sie offenbar sehr wesentlich von dem Vegetationszustande, somit von der grösseren oder geringeren Widerstandsfähigkeit der Pflanze abhängen. Es geschieht einmal, dass die Spirogyrenzellen bei einer bestimmten Temperatur nach einem bestimmten Zeitraum noch unverändert erscheinen, während sie ein ander Mal bedeutende Umbildungen erfahren haben. Es geschieht ferner, dass bei der nämlichen Temperatur zu verschiedenen Malen ungleiche Veränderungen eintreten. Es scheint auch, als ob die zweite Art der Reaktion, wie sie für 33 bis 35° C. geschildert wurde, ganz ausbleiben und beim Steigern der Temperatur die erste in die dritte Reaktion übergehen könne.

Die Wirkung der Elektrizität auf die Spirogyrenzellen wurde, wie bereits früher erwähnt, in verschiedener Weise geprüft, aber ohne Erfolg. Nur dann trat eine Reaktion in den Zellen von Spirogyra nitida ein, wenn ein benetztes, an einem Holzstäbchen in der Luft hängendes Büschel von Fäden mit seinem Ende den Kondensator einer kleinen Elektrisiermaschine berührte, so dass ein Strom auf dasselbe überging. Nach etwa 25 Umdrehungen wurden die ersten Veränderungen bemerkbar, die sich bei anhaltendem Strome steigerten. Sie waren je nach der Lage der Zellen zur Elektrizitätsquelle ungleich.

Die dem Kondensator zunächst befindlichen Zellen zeigten folgende Veränderungen. Die Spiralbänder verloren ihre Zacken und ihren Rückenstreifen und der rinnenförmige Querschnitt ging in eine plankonvexe Gestalt über. Nachher wurden sie im Querschnitt oval und rundlich. Später zerrissen sie in grössere oder kleinere Stücke, welche zuweilen noch so stark aufquollen, dass ihr Querdurchmesser doppelt und dreimal so gross wurde als die ursprüngliche Breite des Bandes.

Während dieser Umbildung der Spiralbänder kontrahierte sich der Zellkern ganz bedeutend und die Plasmafäden wurden dünner. Aus der Zellflüssigkeit schieden sich Körnchen aus, die ziemlich gleichmässig durch die Zellhöhlung verteilt waren oder auch zu lokalen Anhäufungen am Plasmaschlauch sich sammelten. Letzterer erschien etwas dunkel und fast schwach ziegelbraun und zog sich wenig von der Membran zurück, indem die Zellen ihren Turgor verloren.

Die eben angegebenen Erscheinungen, welche in den dem Kondensator zunächst

gelegenen Zellen eintraten, gingen in den entfernteren Zellen in wesentlich andere über. Die Spiralbänder, die dort am Plasmaschlauch haften blieben, lösten sich hier ab und zogen sich abrollend gegen die Mitte der Zellhöhlung zurück. Der Uebergang der einen Reaktion in die andere erfolgte allmählig. Mit der Entfernung von dem Kondensator nahm die erstere an Intensität ab; dann begann die zweite und steigerte sich bis zu einem bestimmten Abstand von dem Kondensator, von wo aus sie sich wieder verminderte, um in noch grösserer Entfernung sich in den unveränderten Zustand der Zellen zu verlieren.

In der einzelnen Zelle begann das Zurückziehen der Spiralbänder bald in einer mittleren (dem Zellkern entsprechenden) Zone, bald an beiden Zellen-Enden, zuweilen auch an einem Ende allein. Hin und wieder wurden ganze Reihen von Zellen beobachtet, welche Abrollung der Spiralbänder an dem einen Ende zeigten und zwar war dieses Ende das der einströmenden Elektrizität entgegengesetzte.

Zu den Ursachen, welche krankhafte Veränderungen in den Spirogyrenzellen bewirken, gehören auch mikroskopische Pilze. Dies wurde an Sp. dubia in folgender Weise beobachtet. Innerhalb der Fäden wachsen Hyphen von Saprolegnia von Zelle zu Zelle weiter, indem sie die Scheidewände durchbrechen. Wenn dieselben mit ihrer Spitze an die Wand einer unverletzten Spirogyrenzelle anstossen, lösen sich die Spiralbänder der letzteren vom Plasmaschlauche los und ziehen sich ins Innere der Zellhöhlung zurück, indem sie noch durch dünne Plasmafäden mit dem wandständigen Plasmaschlauche zusammenhängen. Sobald die Saprolegnia die Scheidewand durchbrochen hat, ist die Turgescenz der Zelle plötzlich vernichtet, der Plasmaschlauch trennt sich von der Membran los; es finden Plasmaausscheidungen aus der Zellflüssigkeit statt, die grünen Bänder quellen auf und ballen sich oft in eine Masse zusammen.

---

6. Veränderungen der Spirogyrenzellen durch oligodynamische Einwirkung.

Ich habe bis jetzt die Veränderungen im Zelleninhalte geschildert, welche beim natürlichen Absterben im Freien oder in der Kultur, ferner bei der Einwirkung von chemischgiftigen Verbindungen, von Wärme und Elektrizität beobachtet werden. Die durch minimale Mengen von löslichen Stoffen verursachten, oligodynamischen Erscheinungen sind folgende.

Besonders charakteristisch ist die Reaktion auf die Spiralbänder. Dieselben lösen sich vom Plasmaschlauch los und ziehen sich, ohne ihren Querschnitt zu ändern, ins Innere der Zellhöhlung zurück. Dabei bleiben ihre Zacken durch zarte Plasmafäden

mit dem Plasmaschlauch verbunden. Man sieht oft Bänder, die schon weit von dem letztern sich entfernt haben und noch durch eine grosse Menge feiner Fäden mit ihm zusammenhängen. Diese Fäden reissen nach und nach entzwei.

Das Ablösen der Spiralbänder beginnt meistens in der mittleren Zone, die den Zellkern umgibt und setzt sich dann auf die beiden Seitenteile der Zelle fort. Es kann aber auch von einem der beiden Zellenenden, selten von beiden zugleich ausgehen, oder an der ganzen Oberfläche gleichzeitig stattfinden.

Indem sich die Spiralbänder von der Wandung zurückziehen, rollen sie sich häufig mehr oder weniger ab, so dass ihre Windungen sich vermindern; sie können selbst an ihren Endteilen oder ausnahmsweise in ihrer ganzen Länge gerade werden. — Darauf verlieren sie die Zacken und den Rückenstreifen; sie quellen etwas auf, indem das rinnenförmige Band einen cylindrischen oder ovalen Querschnitt annimmt. Der cylindrische Querschnitt hat ungefähr einen der ursprünglichen Breite gleich kommenden Durchmesser; beim ovalen Querschnitt ist der eine Durchmesser etwas grösser, der andere etwas kleiner, als die ursprüngliche Breite. Sehr oft zeigen die Bänder nun deutliche Querfalten, später können sie noch sehr stark anschwellen.

Zuletzt haben sich die Spiralbänder in einen soliden Klumpen zusammengeballt, welcher den sich abrundenden Kern umschliesst. Dieser Klumpen hat eine rundliche oder ovale Gestalt, indem er auf die Mitte der Zelle beschränkt ist, oder eine mehr cylindrische Form, indem er eine grössere oder kleinere Partie der Zellenlänge einnimmt. Er liegt auf der einen Seite der Wandung an.

Die eben geschilderten Umwandlungen der Spiralbänder können sämtlich durch eine Verkürzung derselben erklärt werden. Je nach den Richtungen, in denen die Verkürzung thätig ist, werden die Bänder durch gegenläufige Drehung mehr oder weniger abgerollt und die ganze Masse parallel mit der Zellenachse mehr oder weniger zusammengezogen, wobei indes häufig das eine oder andere Band mit seinem Ende an dem der Zellen hängen bleibt Neben diesen Verkürzungen sind Expansionen in anderen Richtungen thätig, wodurch sich der Querschnitt der Bänder verändert.

Die oligodynamischen Veränderungen der Spiralbänder stehen mit denjenigen, welche auf chemisch-giftige Einwirkung oder beim natürlichen Absterben eintreten, in einem scharfen Gegensatz, insofern, als bei den letzteren eine Ablösung der Bänder von dem Plasmaschlauch nicht eintritt. Hier ist eine Verkürzung in denselben zwar im Allgemeinen ebenfalls wirksam, aber sie verursacht neben ihrer teilweisen Geradstreckung (Abrollung) eine Ablösung des Plasmaschlauches von der Zellmembran. Zuweilen findet auch partielle Verlängerung der Bänder statt, welche ein Hin- und Herbiegen derselben zur Folge hat, was bei der reinen oligodynamischen Reaktion wohl nicht vorkommt. Dagegen sind die Veränderungen des Querschnittes der Bänder bei beiden Reaktionen ziemlich gleich.

Das ungleiche Verhalten der Spiralbänder hat zur Folge, dass das oligodynamische

Absterben der Spirogyren von dem natürlichen und dem chemisch-giftigen schon durch das blosse Auge unterscheidbar ist. Im ersteren Falle erscheinen die Fäden weiss, weil der ganze Inhalt innerhalb des Plasmaschlauches sich in einen kleinen Klumpen zusammenballt. Im zweiten Falle bleiben die Fäden grün, weil der wandständige Inhalt seinen Platz nicht verlässt, und verändern nur langsam ihre Farbe in braun oder grau.

Ebenso charakteristisch für die oligodynamische Reaktion ist das Verhalten der Zellen bezüglich des Plasmaschlauches und der Turgescenz. Wenn die Spiralbänder sich ablösen und zusammenballen, so bleibt der Plasmaschlauch noch unverändert in seiner Lage an der Zellmembran. Die Strömchen der wandständigen Körnchen dauern fort und die Zelle behält ihren Turgor. Erst später stehen die Strömchen still; der Plasmaschlauch wird dunkel und zieht sich etwas von der Membran zurück und die Zelle wird schlaff.

Diese Erscheinungen weichen gänzlich ab von denen, die man beim natürlichen Absterben und bei der chemisch-giftigen Reaktion beobachtet. Hier löst sich der Plasmaschlauch von der Membran ab und die Zellen werden schlaff, sobald Veränderungen an den Spiralbändern sichtbar sind.

Die Färbung durch Anilinrot zeigt die beiden Reaktionen deutlich an. Im unveränderten, lebenden Zustande wird die Zellmembran rot, der Inhalt bleibt farblos. Bei der chemisch-giftigen Erkrankung färbt sich der Inhalt, die Membran nicht. Bei der oligodynamischen Erkankung wird die Membran rot gefärbt, während der Plasmaschlauch mit den zu einem Klumpen kontrahierten Spiralbändern und dem übrigen Inhalt noch farblos bleibt. Erst etwas später, wenn der Plasmaschlauch dunkel wird, kehrt sich das Verhalten um, indem die Zellmembran sich entfärbt und das Plasma dagegen Farbstoff aufspeichert.

Die oligodynamische Reaktion besteht also in einer spezifischen Empfindsamkeit des grünen Plasmas. Die Spiralbänder, die aus diesem Plasma gebildet sind, führen ausserordentliche Lageveränderungen aus, während das übrige Plasma noch unberührt erscheint, indem der Plasmaschlauch, die Plasmaströmchen und das in der Zellflüssigkeit gelöste Plasma keine Veränderung ihrer Funktionen wahrnehmen lassen.

Während die oligodynamischen Umwandlungen der Spiralbänder von den chemisch-giftigen wesentlich abweichen, stimmen sie ziemlich mit denjenigen überein, welche schwache Elektrizitäts- und Wärmewirkungen und der Einfluss anstossender Saprolegniafäden hervorbringen. Vielleicht ist jedoch die Wärmewirkung in dieser Parallele auszuschliessen. Da das für die Oligodynamik charakteristische Zurückziehen der Spiralbänder vom Plasmaschlauch bei den Versuchen mit allmäliger Steigerung der Temperatur nicht immer eintritt, so wäre es nicht unmöglich, dass es da, wo es durch Wärme verursacht scheint, durch minimale Mengen gelöster Stoffe bewirkt würde, welche bei gewöhnlicher Temperatur vollkommen unschädlich, bei höherer Temperatur tötlich sein können.

Wenn die oligodynamische Einwirkung in die chemisch-giftige oder in die natürliche Erkrankung übergeht, so sind die Erscheinungen von gemischtem Charakter. Die Ablösung der Spiralbänder von dem Plasmaschlauch erfolgt dann stellenweise und in geringerem Masse.

Fragen wir nach den ursächlichen Momenten, welche auf die oligodynamische Reaktion Einfluss haben, so ist einmal die physiologische Beschaffenheit der Spirogyrenzellen von grösster Bedeutung. Nicht nur gibt es zwischen den verschiedenen Species eine Abstufung in der Reaktionsfähigkeit für oligodynamische Einwirkung, so dass selbst bei gewissen Species (wie z. B. bei Spirogyra orthospira[1]) und verwandten) die Spiralbänder sich nur wenig und undeutlich vom Plasmaschlauch zurückziehen, während sich der Mantel, den sie in jeder Zelle darstellen, mehr oder weniger verkürzt. — Auch die nämliche Species hat eine sehr ungleiche Empfindlichkeit je nach ihrem Vegetationszustande.

So ist Spirogyra nitida am Morgen früh viel empfindlicher als abends. Am Schluss des Tages befinden sich in den Zellen reichliche Assimilationsprodukte, welche beim Beginn des Tages grösstenteils aufgebraucht sind. Von den uns bekannten Assimilationsprodukten (Stärke und Lecithin) vermag die Stärke wohl keinen unmittelbaren Einfluss auf das Plasma auszuüben. Dagegen könnte man dies von dem Lecithin annehmen, welches jedenfalls in feinster Verteilung durch die Zelle verbreitet und vielleicht in einzelnen Molekülen den Plasmamicellen anhängt. Sollte allenfalls eine wechselnde Menge von Lecithin in dieser Art in das Plasma der Spiralbänder eingelagert sein, so wäre die wechselnde Reaktionsfähigkeit derselben in genügender Weise erklärt. Allein es ist eben so wohl möglich, dass noch andere wirksame Assimilationsprodukte entstehen oder dass das Plasma der grünen Bänder selbst durch die Assimilationsthätigkeit seine Konstitution etwas verändert und befestigt.

Der Einfluss des Vegetationszustandes auf die Reaktionsfähigkeit zeigt sich ferner darin, dass kurzgliedrige Fäden, in denen die Windungen der Spiralbänder enge beisammen liegen, viel resistenter sind als langgliedrige der gleichen Species, in denen die Bänder weit gewunden sind. Wenn man Spirogyra nitida aus dem Freien holt, so hat sie häufig kurze Zellen und ist für Versuche wenig geeignet; nach einer Zimmerkultur von 1 bis 2 Tagen sind ihre Zellen länger und empfindlich geworden. Ebenso haben Pflanzen, die in kälteren Räumen kultiviert werden, kürzere und wenig sensible Zellen und erlangen die für oligodynamische Versuche tauglichsten Eigenschaften erst nach einem Aufenthalt in der wärmeren Zimmertemperatur.

Die länger dauernde Einwirkung einer bestimmten Temperatur verleiht also den Spirogyrenzellen bestimmte Eigenschaften, welche in einer veränderten Temperatur einige

[1]) Diese widerstandsfähigsten Spirogyren haben einen linsenförmigen Zellkern.

Zeit anhalten und dann in die den neuen Verhältnissen entsprechenden Eigenschaften übergehen. Die verschiedenen Wärmegrade haben aber auch einen sofortigen Einfluss auf die Zelle, indem mit der Erhöhung derselben die Empfindlichkeit für oligodynamische Einwirkung in sehr bedeutendem Masse zunimmt. Kurze Zellen mit engen und lange Zellen mit weiten Windungen ziehen bei höherer Temperatur ihre Spiralbänder nicht nur schneller, sondern in absolutem Masse auch weiter von dem Plasmaschlauch zurück; das Maximum wird bei 30° C. erreicht. — Es ist selbst häufig der Fall, dass in der nämlichen schwach oligodynamischen Flüssigkeit bei der niedrigereren Temperatur die Spiralbänder sich gar nicht vom Plasmaschlauch lostrennen, während sie dies bei der höheren Temperatur nach kürzerer oder längerer Zeit thun.

Unter den ursächlichen Momenten, welche die verschiedenen Reaktionen der Spirogyrenzellen bewirken, ist aber besonders der Konzentrationsgrad der Lösung von entscheidender Bedeutung. Einmal ist unzweifelhaft, dass die stärkere Konzentration einer Verbindung chemisch-giftige, die schwächere dagegen oligodynamische Erkrankung verursacht. Lösungen von 1 Teil Kupferchlorid oder salpetersaurem Kupferoxyd in 1000 oder 10 000 Teilen Wasser haben die erstere, Lösungen von 1 Teil Salz in 1 Million, in 10, 100 und 1000 Millionen Wasser die letztere zur Folge. 1 Teil salpetersaures Kali in weniger als 100 Teilen Wasser bewirkt chemisch-giftige, in mehr als 1000 Wasser oligodynamische Erkrankung.

Verdünnt man die Lösungen, welche deutliche oligodynamische Reaktion hervorrufen, stetig weiter, so langt man früher oder später bei einem Punkte an, wo die charakteristische Lostrennung der Spiralbänder vom Plasmaschlauch nicht mehr eintritt. Die einzige Veränderung, die man nunmehr an den Zellen beobachtet, ist mehr oder weniger starke Ausscheidung von unlöslichem Plasma aus der Zellflüssigkeit, das sich vorzugsweise an den Enden der Zellen anhäuft. 1 T. Chlorbarium oder salpetersaurer Baryt in 1000 bis 10 000 T. Wasser verursacht die erstere, in 100 000 T. Wasser die letztere Reaktion. 1 Teil salpetersaures Kupfer in 1 bis 10 Millionen Wasser bewirkt die erste, in 100 bis 1000 Millionen die zweite Reaktion.

Diese Veränderungen, welche durch eine noch geringere schädliche Einwirkung als die, welche die charakteristische oligodynamische Reaktion bedingt, hervorgerufen werden, gleichen denen, die bei der natürlichen Erkrankung, bei der schwächsten Schädigung durch Wärme (31 bis 33° C.) oder durch Elektrizität beobachtet werden. Man hat sich demnach die Frage zu stellen, ob sie als die schwächste oligodynamische Reaktion zu betrachten oder der natürlichen Erkrankung zuzuzählen seien. Dadurch werden wir auf die andere Frage geführt, welche Bewandtnis es denn eigentlich mit dem natürlichen Absterben der Spirogyren habe.

Der natürliche Tod tritt im Zimmer und in der freien Natur stets an einzelnen Pflanzen ein und zwar sind es vorzüglich die am tiefsten im Wasser befindlichen, welche absterben. Da sie im Uebrigen den gleichen Einflüssen ausgesetzt zu sein scheinen, wie

alle andern, so könnte man ihre Erkrankung auf den spärlicheren Genuss von Licht und Sauerstoff zu setzen geneigt sein. Ohne diesen beiden Faktoren eine gewisse Beteiligung abzusprechen, möchte ich doch einem anderen Umstand mehr Bedeutung zuschreiben, der durch folgende Thatsache nahe gelegt wird.

Wie ich schon früher erwähnt habe, geschieht es zuweilen, dass bei Zimmerkultur die ganzen Rasen in einem Glase, und im Freien alle in einem Tümpel oder Graben befindlichen Pflanzen erkranken und absterben. Mangel an Luft und Licht kann nicht Schuld daran sein, weil meistens auch die an der Oberfläche befindlichen Fäden zu Grunde gehen. Ebenso wenig kann man die Ursache des Todes in einem Mangel an atmosphärischen oder mineralischen Nährstoffen erkennen. Im Freien fehlen die Nährstoffe sicherlich nicht, und im Zimmer sterben die Pflanzen, auch wenn man dem Wasser, in dem sie sich befinden, alle nötigen Nährstoffe künstlich zusetzt.

Es ist mir wahrscheinlich, dass Excretionsstoffe und Fäulnissstoffe, die sich im Wasser lösen, die Ursache des natürlichen Absterbens sind; und dass bei Zimmerkultur der Vorgang sich folgendermassen gestaltet. Bringt man in eine grössere Menge von oligodynamisch-neutralem Wasser wenige Spirogyrenfäden, so findet Wachstum und Vermehrung statt. Nach längerer oder kürzerer Zeit, wenn die Zahl der Fäden hinreichend zugenommen hat, sterben einzelne derselben ab und zwar vorzugsweise in der unteren Partie der Rasen. Hier ist die Menge der gelösten Excretionsstoffe grösser als an der Oberfläche, wo die flüchtigen durch Verdunstung in die Luft gehen und die nicht flüchtigen durch den ausgeschiedenen Sauerstoff, sowie durch den Sauerstoff der Luft reichlicher oxydiert werden. Mit der Zunahme der Gesamtmasse vermehrt sich auch die Zahl der abgestorbenen und in Fäulnis übergehenden Fäden, und wenn die Menge der im Wasser befindlichen Auswurfs- und Fäulnisstoffe eine gewisse Höhe erreicht hat, so sterben alle Pflanzen ab.

Zur Erhaltung der Spirogyren in der Kultur pflanzt man daher am zweckmässigsten, wenn ihre Masse zugenommen hat, die gesunden Pflanzen in kleineren Partien in frische Gläser um, wie ich schon oben angegeben habe.

Die Erklärung, die ich eben für das natürliche Absterben gab, scheint aber nicht für alle Fälle auszureichen. Ich möchte vermuten (S. 5), dass in den Lebensverhältnissen von Spirogyra eine gewisse Periodizität herrscht, so dass die Pflanzen, wenn die Zellgeneration von der Spore aus gerechnet, eine gewisse Höhe erreicht, gegen bestimmte äussere Einflüsse eine geringere Widerstandsfähigkeit besitzen. Daher mag es kommen, dass scheinbar unter gleichen Umständen Pflanzen der gleichen Art, aber von verschiedenem Herkommen sich ungleich verhalten, und dass Pflanzen von der nämlichen Provenienz unter scheinbar verschiedenen Umständen einem gleichen Absterben unterliegen. Uebrigens ist zu bemerken, dass auch die Temperatur einen wesentlichen Faktor bildet, indem in kälteren Perioden die Pflanzen viel länger aushalten als in wärmeren.

Wenn der natürliche Tod durch geringe Mengen von Auswurfs- und Fäulnisstoffen

verursacht wird, so dürfen wir vermuten, dass auch andere schädliche Verbindungen in entsprechenden geringen Mengen das Gleiche bewirken und wir können kaum daran zweifeln, wenn, wie dies wirklich der Fall ist, die Veränderungen im Zelleninhalte die nämlichen sind.

Wir sind also berechtigt, von manchen löslichen Stoffen zu sagen, dass sie in grösserer Menge chemisch-giftiges, in geringerer oligodynamisches und in noch geringerer Menge natürliches Absterben bedingen. Es gilt dies von den Kupfer-, Silber-, Quecksilber-, Bleiverbindungen u. a. m.

Wenn man aber hieraus folgern wollte, die oligodynamische Reaktion sei nichts anderes als eine geschwächte chemisch-giftige, oder eine verstärkte Wirkung des natürlichen Absterbens, so wäre dieser Schluss voreilig. Es gibt zwei Thatsachen, welche dagegen sprechen.

Die eine Thatsache besteht in der gänzlichen Verschiedenheit zwischen den Veränderungen des Zelleninhaltes bei der oligodynamischen und den beiden andern Reaktionen. Letztere beide sind einander nahe verwandt. Man kann den natürlichen Tod der Spirogyren als die langsame Wirkung eines chemisch-giftigen Stoffes ansehen, da er im Wesentlichen die nämlichen Erscheinungen darbietet, die bei einer chemischen Vergiftung eintreten. Aber die oligodynamischen Veränderungen unterscheiden sich von beiden nicht dem Grade, sondern der Natur nach. Man kann die oligodynamische nicht als eine weiter fortgeschrittene, natürliche Erkrankung betrachten, weil die Erscheinungen der letztern nicht etwa die Anfangsstadien der ersteren darstellen, sondern im Gegenteil ihr mangeln. Ebenso kann man die chemisch-giftige Erkrankung nicht eine gesteigerte oligodynamische nennen, weil die Erscheinungen dieser bei jener nicht vorhanden sind.

Die andere Thatsache ist die, dass nicht alle Stoffe, wenn ihre Lösungen stetig mehr verdünnt werden, oligodynamische Erscheinungen verursachen. Es gibt Verbindungen, die bei stärkerer Konzentration chemisch-giftige Erkrankung, in schwächerer natürliches Absterben hervorbringen; so verhält sich beispielsweise salpetrigsaures Ammoniak. Ein Teil in 1000 oder 10 000 Wasser bewirkt chemische Vergiftung; verdünnt man stärker, so treten die gleichen Erscheinungen ein, aber viel langsamer. Bei millionfacher und stärkeren Verdünnungen bleiben die Spirogyrenzellen unverändert. Ablösen der Spiralbänder, welches eine oligodynamische Reaktion anzeigen würde, kommt bei keiner Verdünnung vor. Man sieht hier deutlich, dass die von den weitest gehenden Verdünnungen bewirkten Veränderungen nichts anderes sind, als schwache Giftwirkungen. — Von den Verbindungen, welche keine oligodynamische Reaktion zur Folge haben, bis zu denjenigen, welche dieselbe am ausgezeichnetsten hervorbringen, gibt es eine allmählige Abstufung.

Wenn es nun als sicher betrachtet werden kann, dass die chemisch-giftige und die oligodynamische Reaktion verschiedener Natur sind, so wirft sich sofort die Frage auf, wie es geschehe, dass bei grösster und bei geringster Lösungskonzentration die erste,

bei mittlerer dagegen die zweite zu stande kommt. Denn man muss natürlich annehmen, dass die eine und die andere Einwirkung bei jeder Verdünnung nach Massgabe der Substanzmenge erfolge. Das merkwürdige Verhalten der Spirogyrenzellen in den drei Verdünnungsstufen erklärt sich dadurch, dass die konzentriertere Lösung ihre chemisch-giftige Wirkung sehr rasch vollzieht und dass daher für die oligodynamische keine Zeit übrig bleibt. Bei schwächerer Konzentration aber geht die chemisch-giftige Erkrankung so langsam vor sich, dass die oligodynamische Veränderung mehr oder weniger vollständig sich abspielen kann. In der allergeringsten Verdünnung vermag die oligodynamische Einwirkung keine sichtbaren Erscheinungen mehr hervorzurufen, während die chemisch-giftige den natürlichen Tod herbeiführt.

Diese Erwägung macht es begreiflich, dass schwerlösliche Stoffe keine chemisch-giftige, sondern bloss oligodynamische Wirkungen, oder auch nicht einmal diese, sondern bloss natürliches Absterben zu vollbringen vermögen. Wir können diesbezüglich drei Kategorien von schwerlöslichen Stoffen unterscheiden.

1. Wenn eine Verbindung sich langsam, aber zuletzt doch in erheblicher Menge löst, so sterben die Spirogyren, welche man in die gesättigte Lösung bringt, durch chemisch-giftige Einwirkung ab, ohne dass es zu einer oligodynamischen Reaktion kommt. Bringt man dagegen den festen Körper in Wasser mit Spirogyren, so erkranken diese oligodynamisch, weil anfänglich während einer hinreichend langen Dauer die Lösung sehr verdünnt ist. Dies ist der Fall mit Silberoxydhydrat, welches sich in 3000 Teilen Wasser löst und in dieser Konzentration sofort chemisch-giftige Erkrankung bewirkt. Verdünnt man die gesättigte Lösung auf $\frac{1}{1000000}$, $\frac{1}{10000000}$ und $\frac{1}{100000000}$, so treten oligodynamische Veränderungen ein. Oligodynamische Erscheinungen beobachtet man auch stets, wenn man die Spirogyren mit noch so grossen Mengen von Silberoxydhydrat oder von metallischem Silber in das Wasser bringt. Weiter gehende Verdünnungen der Lösung oder geringere Mengen der festen Körper vermögen selbstverständlich keine oligodynamische Reaktion, sondern nur natürliches Absterben zu verursachen.

2. Verbindungen, die sich in viel geringerer Menge lösen, als die unter 1 aufgeführten, bringen oligodynamische Reaktion hervor, man mag eine gesättigte wässerige Lösung anwenden, oder die feste Verbindung in noch so grosser Menge dem Wasser beifügen, während eine schwächere Einwirkung bloss den natürlichen Tod bewirkt. Zu dieser Kategorie gehören metallisches Kupfer, Kupferoxyd, Kupferoxydhydrat, Quecksilber, Quecksilberoxyd, Chlorsilber, Nickeloxyd.

3. Körper, die noch weniger löslich sind als diejenigen der Kategorie 2 vermögen wenigstens bei gewöhnlicher Temperatur keine oligodynamischen Erscheinungen, sondern nur die des natürlichen Absterbens zu verursachen. Dies ist der Fall mit Wismut, Cadmium, metallischem Arsen, Mangansuperoxyd.

Schlussbemerkung

von

C. Cramer.

Auf Veranlassung von Herrn Prof. Schwendener schon im Frühjahr 1892 mit dem Inhalt vorstehender, posthumer Arbeit unseres gemeinsamen Meisters C. v. Nägeli bekannt geworden, habe ich, zum Zweck, die oligodynamischen Wirkungen auch aus eigener Anschauung näher kennen zu lernen, das verflossene Sommersemester dazu benützt, eine Reihe sachbezüglicher Experimente anzustellen. Obwohl die letztern sich innerhalb wesentlich engerer Grenzen bewegten als die von Nägeli, und die Ergebnisse im Grund auf eine blosse Bestätigung der Nägelischen Angaben hinauslaufen, glaube ich hier doch ein kurzes Referat anschliessen zu sollen.

Als Versuchsobjekte dienten hauptsächlich 3 Species von Spirogyra: eine relativ zärtere, ein-, selten zweispirige Art mit isodiametrischem Kern, ohne Duplikaturen an den Scheidewänden, die ohne Zweifel zum Formenkreis von Sp. quinina gehörte, dann 2 derbere, mehrspirige Arten ohne Duplikaturen, von welchen die eine (Sp. densa, auch dubia nahe stehend), wie quinina einen isodiametrischen, die andere aber (möglicherweise Sp. setiformis oder orbicularis) einen linsenförmigen Kern besass. Dort waren die Zellen 46—63 μ dick, $2^1/_2$—6 mal so lang als dick (absolute Länge 185—400 μ), und betrug die Zahl der ziemlich seichten und einander genäherten Bänder meist 3, selten 2 oder gar 1. Die Glieder der letzten Art dagegen hatten eine Dicke von 84—97, und eine Länge von 143—400 μ. Das Verhältnis von Dicke und Länge betrug 1 : $1^1/_2$ bis 5, und die Zahl der wie bei den zwei andern Arten rechtsläufigen, im übrigen seichten und meist dicht zusammengedrängten Bänder 3 und 4, selten 5. Nr. 1, bei Beginn der Untersuchung fast ausschliesslich verwendet, wurde vorzugsweise aus Oerlikon bei Zürich bezogen, Nr. 2 und 3, denen übrigens meist Fäden von Sp. quinina beigesellt waren, stammten aus dem Zürichsee.

Die Kultur geschah in grossen, mit sogenanntem Zürcher Brauchwasser (s. u.) gefüllten offenen Glasschalen, die auf Tischen in der Mitte des Physiologiesales aufgesellt waren, und vorwiegend einseitiges Licht empfingen. Sie stiess nur anfangs auf einige Schwierigkeiten, indem die Spirogyren im April und den ersten Tagen des Mai oft von Olpidium und Lagenidium befallen waren und daher häufig erneuert werden mussten. Später

starb einmal eine Kultur plötzlich ab, weil mit der Alge ziemlich viel Schlamm in das Kulturgefäss eingepflanzt worden war, und dieser Fäulnisprozesse einleitete.

Wie bei früheren Gelegenheiten, so erwiesen sich auch diesmal meine Spirogyren als stark + heliotropisch: Immer wendeten sich dieselben nach der Lichtquelle hin. Wurden die Schalen samt den Spirogyren langsam um 90° gedreht, so schauten letztere schon am folgenden Tage wieder gegen die Fenster, ohne Zweifel infolge Steigerung des Längenwachstums auf der Schattenseite der Fäden. Noch viel auffallender war der + Helitropismus bei einer Vaucheria, die um die nämliche Zeit auf feuchter Erde kultiviert wurde.

Auf das Verhalten zu Spirogyren geprüft wurde: mit metallischem Kupfer resp. Quecksilber behandeltes Wasser, Kupfervitriollösung, sowie namentlich Löwsche Flüssigkeit und Quecksilberchloridlösung in verschiedenen Graden der Verdünnung. Löwsche Flüssigkeit (1 $NAgO_3$, 1 NH_3 und 3,6 K_2O auf 100 000 Wasser), $HgCl_2$-Lösung a $\frac{1}{10000}$ und chemisch reines Kupfer (s. u.) liess mir mein Kollege Herr Professor Schultze bereiten, wofür ich ihm hiemit verbindlich danke. Zur Darstellung der verschiedenen Verdünnungen wurde teils Zürcher Brauchwasser, teils gewöhnliches destilliertes Wasser, wie ich es seit Jahren aus dem agrikulturchemischen Laboratorium beziehe, teils extra aus Glas in Glas destilliertes Wasser benutzt. Das Zürcher Brauchwasser ist durch seine Reinheit ausgezeichnetes filtriertes Seewasser, das in eisernen Leitungen über die Stadt verbreitet wird. Die Ausflusshahnen, deren sich zwei im pflanzenphysiologischen Institut des Polytechnikums befinden, bestehen aus Messing. Das destillierte Wasser aus dem agrikulturchemischen Laboratorium, welches ich als gewöhnliches bezeichne, wird in verzinnten kupfernen Apparaten angefertigt. Ich pflege mir damit jeweilen grosse Glasflaschen mit eingeriebenen Stöpseln füllen zu lassen. Dasselbe reagiert stets schwach sauer, Lakmuspapier wird, darin liegend, gerötet, zunächst nur schwach, im Lauf von 6—12 Stunden stärker. Brauchwasser zeigt diese Reaktion nie. Auch das im agrikulturchemischen Laboratorium unter Verwendung von Gasbrennern in Glasgefässen bereitete destillierte Wasser zeigte schwach saure Reaktion, gleichviel, ob die Destillation in einer Zeit stattfand, wo die übrigen Arbeiten im Laboratorium eingestellt waren oder nicht. Welcher Art die Säure ist, weiss ich nicht sicher. Kochen hob die Reaktion nicht auf.

Das Brauchwasser zeigte nie auch nur Spuren oligodynamischer Eigenschaften, wenn die ersten Liter von der Verwendung ausgeschlossen blieben; aber auch diese, ja schon die ersten 100 cm³, wirkten nicht immer oligodynamisch. Stets absolut neutral im Sinn von Nägeli war ferner auch aus Glas in Glas destilliertes Wasser, auch wenn dasselbe vor der Destillation kräftig oligodynamisch gewirkt hatte. Das gewöhnliche destillierte Wasser verhielt sich verschieden. Bald wirkte es sehr energisch, um in andern Fällen (zumal wenn es sich vorher länger in verschiedenen Glasgefässen befunden hatte, und nur bei Objektträgerversuchen (s. u.) zur Verwendung kam) kaum oder gar nicht zu reagieren.

Alle bei meinen Versuchen benutzten gläsernen Apparate ohne Ausnahme wurden vor dem Gebrauch stets sorgfältigst mit Salzsäure und Salpetersäure, sowie einer sehr grossen Menge neutralen Brauchwassers gereinigt.

Die Versuche selbst bestanden teils in Objektträger-Versuchen, teils in Dosen-Versuchen. Bei jenen wurden kleinere Mengen von Spirogyren auf blossen Objektträgern mit ebenfalls kleinen Mengen (c. 5—6 cm.³) der zu prüfenden Flüssigkeit zusammengebracht, wogegen bei den Dosen-Versuchen die Spirogyren vorerst in mit der Versuchs-Flüssigkeit gefüllte 100 cm.³ fassende, bedeckelte Glasdosen zu liegen kamen, um dann nach kürzern oder längern Zeitintervallen partieenweise auf Objektträger übertragen und mikroskopisch untersucht zu werden. Zum Einbringen und Ausheben der Spirogyren erwiesen sich am einen Ende zugeschmolzene Kapillarröhren als sehr zweckmässig. Dieselben wurden natürlich ebenfalls, so oft es nötig erschien, sorgfältig gereinigt. Die meisten Versuche kamen in Mehrzahl bis Vielzahl zur Ausführung; auch wurden zur Feststellung der jeweiligen Beschaffenheit der verwendeten Spirogyren fast immer Kontrolversuche mit erwiesenermassen neutralem Wasser angestellt.

Wie Nägeli, so fand auch ich die chemisch-giftige und die oligodynamische Wirkung, wenn sie rein zu Tage treten konnten, qualitativ grundverschieden. Dort nimmt in erster Linie die Turgescenz ab, der Schlauch kontrahiert sich samt den Chlorophyllbändern, d. h. ohne dass diese sich von ihm ablösen. Es kommt ferner oft zu Trübung des Hygroplasmas, oder bei Verwendung konzentrierterer Kupfervitriollösung, zu einer Kupferrotfärbung der Schlauchenden. Hier aber ziehen sich die Bänder allein, vorerst unter Beibehaltung der Rinnenform, von der Wand zurück, der Turgor bleibt zunächst unverändert, der Schlauch also wandständig.

Dieser allgemeine Charakter der oligodynamischen Erkrankung bleibt derselbe, gleichviel, ob das ursprünglich neutrale Wasser durch metallisches Kupfer oder Quecksilber oder durch Kupfervitriol, Grünspahn, Quecksilberchlorid oder Silbernitrat oligodynamisch geworden sei.

Im Besonderen kann sich dagegen der Vorgang sehr verschieden gestalten. Bald löst sich da und dort nur eine vereinzelte Windung ab, bald thun es mehrere oder alle einer Zelle zugleich. Die Ablösung erfolgt entweder nur einseitig oder beidseitig, sie beginnt ferner bald am einen Ende der Zelle und schreitet zum andern fort (so bisweilen bei Sp. densa) oder die mittleren Windungen lösen sich zuerst ab, und rücken unter steter Abnahme des Steigungswinkels allmählig zusammen, während ihre beidseitigen Fortsetzungen gegen die Endflächen der Zelle hin in immer steiler werdende Windungen auslaufen, dabei getrennt bleibend (öfters bei Sp. densa). In solchen Fällen pflegen die Klumpen, zu welchen die Bänder sich schliesslich zusammenziehen, oft links und rechts in vereinzelte Bandfragmente auszustrahlen, wogegen bei gleichmässigerem Verlauf der Loslösung und Kontraktion der Windungen meist wohl gerundete Ballen entstehen (so besonders bei Sp. quinina).

Oft bleibt endlich die Reaktion auf einzelne Zellen eines Fadens beschränkt, oder sie tritt in vielen oder allen auf, je nach dem Grad des oligodynamen Vermögens der Flüssigkeit und der Empfindlichkeit der verschiedenen Zellen des Fadens.

Wie zu erwarten stand, waren Objektträgerversuche im allgemeinen durch schwächere und langsamere Wirkung charakterisiert, als Dosenversuche. Sie konnte dort selbst gänzlich ausbleiben, wo Dosenversuche in kürzerer oder längerer Zeit noch einen mehr oder weniger intensiven Effekt erkennen liessen.

Leicht gelang es, die oligodynamische Ablösung der Chlorophyllbänder zu konstatieren beim Begiessen eines Spirogyrapräparates mit Wasser, welches 1—3 Tage lang in einem Uhrschälchen oder kleinen Erlenmayer über Kupferdrehspähnen, Kupferblechstücken oder chemisch reinem Kupfer gestanden hatte, wie denn überhaupt mit metallischem Kupfer, besonders chemisch reinem, die stärksten Wirkungen zu erzielen waren.

Während in diesem Fall die oligodynamischen Erscheinungen meist ziemlich allgemein, in allen Fäden und Zellen eintraten, waren sie dagegen deutlich lokalisiert, wenn die auf dem Objektträger in neutrales Wasser gebrachten Fäden spärlich mit Kupferfeilspähnen bestreut wurden, indem alsdann die Loslösung der Chlorophyllbänder sich vorzugsweise in denjenigen Zellen einstellte, die mit Kupferpartikelchen in Berührung standen. Spirogyra setiformis? mit linsenförmigem Kern und dicht gedrängten Windungen erwies sich bei diesen, wie allen übrigen Versuchen als viel resistenter.

Selbst die merkwürdigen Nachwirkungen liessen sich ganz gut auf dem Objektträger zur Anschauung bringen: Mit Sandpapier abgeriebene Kupferblechstücke verschiedener Form 1 bis mehrere Tage auf Objektträger gelegt, derart, dass sich zwischen dem Objektträger und Kupfer andauernd eine Wasserschicht befand, erteilten den vom Kupfer bedeckten Glasflächen unverkennbare oligodynamische Eigenschaften. Wurde nach schliesslichem Eintrocknen des Wassers und Entfernung der Bleche ein Spirogyrenbündel quer hinüber gelegt und neutrales Wasser aufgegossen, so erkrankten oft aufs frappanteste vorzugsweise die Zellen, die über vorher von Kupfer bedeckten Stellen lagen, häufig auch die Zellen tieferliegender Fäden vor denjenigen höher gelegener. Die Wirkung trat selbst bei zwei derartigen Objektträgern, die 16 Tage lang unbeachtet im Schrank liegen geblieben waren, innert 3—5° sehr schön auf. Am reinsten war die lokalisierte Nachwirkung zu beobachten bei Objektträgern, die vor der Beschickung mit neutralem Wasser in der Umgebung der Kupferbleche mit einer Paraffinschicht überzogen worden waren, die dann vor dem Aufbringen von Spirogyren und neutralem Wasser abgeschabt wurde. Ein anhaltender Wasserstrom aus der Spritzflasche verminderte zwar die oligodynamische Wirkung etwas, hob dieselbe aber keineswegs auf.

Bei Verwendung von Kupferdrehspähnen zur Darstellung oligodynamisch wirkenden Wassers geschah es, im Widerspruch mit meinen sonstigen Erfahrungen, öfters, dass

das Wasser selbst nach mehrtägiger Berührung mit dem Kupfer nicht oder nur schwach reagierte. In diesen Fällen war über dem Kupfer ein starker brauner Niederschlag bemerkbar, der sich als Eisenoxydhydrat erwies und als Ursache der Entgiftung des Wassers gelten konnte. In der That verlor stark oligodynamisches Wasser auf absichtlichen Zusatz von künstlich dargestelltem und getrocknetem Eisenrost sein oligodynamisches Vermögen rasch und vollkommen. Ebenso wirkte Hinzufügen von Leptothrix ochracea, die bekanntlich eisenoxydhydratreich ist und von der ich zufällig grössere Mengen besitze.

Die entgiftende Wirkung relativ ausgedehnter Glasflächen gab sich am auffallendsten zu erkennen, als ich auf einen Objektträger eine Anzahl von Spirogyrafäden mit stark oligodynamischem Wasser, auf einem andern ein etwas kleineres Fadenbüschel mit einer gleichen Menge des nämlichen Wassers zusammenbrachte, aber erst nachdem letzteres eine Kapillarröhre von 55 cm. Länge, 0,67—0,72, im Mittel also 0,7 mm. Weite (Innenfläche = 12,1 cm^2) ca. 3 mal passiert hatte: Dort sofort energische und allgemeine oligodynamische Wirkung, hier keine Spur einer solchen, selbst nach Verfluss einer Stunde.

Im nämlichen Sinn zu deuten ist natürlich auch die bereits berührte Thatsache, dass unter sonst gleichen Umständen blosse Objektträgerversuche, zumal bei Verwendung eines Deckglases schwächer und langsamer wirkten als Dosenversuche, ferner der Umstand, dass oligodynamische Flüssigkeiten bei Verwendung unmittelbar nach ihrer Erstellung öfters wirksamer zu sein schienen als nach ein- bis mehrtägigem Stehen.

Dass auch intensives Kochen, sowie Filtrieren — ich liess die oligodynamische Flüssigkeit mehrmals durch ein 2- bis 4faches Filter gehen — das oligodynamische Vermögen aufzuheben vermag, kann ich bestätigen. Ebenso habe ich mich von der grossen Bedeutung der Menge der dem Versuch unterworfenen Spirogyren, sowie der spezifischen Natur und individuellen Beschaffenheit derselben des öftern überzeugt. Dass sich Spirogyren mit linsenförmigem Kern viel resistenter erwiesen, als solche mit isodiametrischem ist bereits bemerkt worden. Dagegen sei noch besonders hervorgehoben, dass die Wirkung unter sonst gleichen Verhältnissen um so schwächer war, je grössere Mengen von Spirogyren zur Verwendung kamen, und dass dieselbe Form, wenn frisch eingebracht oder erst kurze Zeit kultiviert, sich in der Regel viel weniger empfindlich zeigte, als wenn sich ihre Zellen infolge längerer Kultur in den warmen Räumen des Laboratoriums merklich gestreckt hatten.

Hie und da machte ich die Wahrnehmung, dass Spirogyren, an denen keinerlei Veränderungen hätten zu Tage treten sollen, bei der mikroskopischen Untersuchung gleichwohl mehr weniger oligodynamisch erkrankt erschienen. Es geschah dies (wenn ich von den seltenen Fällen, wo irgend ein unglücklicher Zufall gewaltet haben mochte, absehe) regelmässig dann, wenn Wasser vom Objektträger auf den messingenen Tisch des Mikroskopes hinunter geflossen und dadurch oligodynamisch geworden war, um

sich nachher beim Hin- und Herschieben des Präparates mit dem Wasser, worin die Spirogyren lagen, wieder zu vermengen. Ebenso kann natürlich auch die Verwendung messingener Pincetten bei Erstellung mikroskopischer Präparate lebender Spirogyren einen nachteiligen Einfluss ausüben. Sie wurde deshalb vermieden.

Um womöglich zu entscheiden, ob die oligodynamischen Eigenschaften, welche Wasser bei Berührung mit metallischem Kupfer resp. Quecksilber erhält, lediglich bedingt werden durch genannten Metallen bereits anhaftende, resp. unter dem Einfluss des Sauerstoffs und der Kohlensäure des Wassers entstehende lösliche Metallverbindungen, oder vielleicht schon dadurch, dass feine Metallteilchen selbst in das Wasser übergehen, wurde chemisch reines Kupfer, beziehungsweise Quecksilber, längere Zeit, teils mit neutralem Wasser, sowie Kohlensäure haltiger Luft, teils mit neutralem Wasser allein (d. h. unter Ausschluss von Sauerstoff und Kohlensäure) zusammengebracht und öfters geschüttelt.*) Hiezu dienten ganz neue, überdies sorgfältigst mittelst Salzsäure, Salpetersäure etc. gereinigte Tropfgläschen, die vor der Verwendung durch wiederholtes Füllen mit ausgekochtem, noch heissem, neutralem destilliertem Wasser von allfällig der Innenfläche anhaftender Luft befreit wurden. Auch das Kupfer und Quecksilber wurde jeweilen zuerst durch Kochen in neutralem destilliertem Wasser von adhärierender Luft befreit. Die Beschickung der Gläser mit Kupfer, Quecksilber und Wasser geschah in der Weise, dass je ein mit Kupfer, resp. Quecksilber versehenes Gläschen nur zur Hälfte, die zwei entsprechenden andern aber bis hinauf mit gekochtem, noch heissem, aus Glas destilliertem Wasser gefüllt wurden. Vor dem jedesmaligen Schütteln wurden die halbvollen Gläser stets vorübergehend geöffnet und durch Hineinblasen und -hauchen mit frischem Sauerstoff und Kohlensäure versehen. Die ganz mit Wasser aufgefüllten

*) Zur Gewinnung chemisch reinen Quecksilbers wurde gewöhnliches Quecksilber anhaltend zuerst mit Salzsäure, dann mit Salpetersäure geschüttelt und hernach jedesmal mit einem sehr grossen Ueberschuss von neutralem Wasser gewaschen, zuletzt noch 1—2 mal langsam destilliert. Die Darstellung von chemisch reinem Kupfer übernahm gütigst Herr E. Winterstein, Assistent am agrikulturchemischen Laboratorium, der die Methode der Darstellung mit folgenden Worten schildert:

„Käufliches, sogenanntes chemisch reines Kupfersulfat wurde zuerst aus ganz verdünnter Schwefelsäure, dann einige Male aus verdünnter Salpetersäure umkrystallisiert; das bei diesen Krystallisationen erhaltene Krystallmehl wurde jedesmal von der anhaftenden Mutterlauge sorgfältig befreit und die Krystalle im Weiteren so behandelt, wie es Th. W. Richards (Zeitschr. für Anorg. Chem. Bd. I Heft 2 p. 155) angibt. Das Kupfer wurde nun aus dem auf die Weise gereinigten Kupfersulfat in einem Platingefäss zwischen Platinelektroden galvanisch niedergeschlagen, das niedergeschlagene Kupfer einige mal mit dest. Wasser ausgekocht, dann in Salpetersäure gelöst und das hierbei erhaltene Nitrat durch Glühen in Oxyd verwandelt; letzteres wurde im Wasserstoffstrom reduciert. Der vermittelst Zink und Schwefelsäure entwickelte Wasserstoff wurde behufs Reinigung durch Holzkohle, Kaliumpermanganat, Bleinitrat, Silbernitrat, Natronlauge und Schwefelsäure geleitet."

Das so gewonnene chemisch reine Kupfer war äusserst porös, ähnlich dem Platinschwamm, und erwies sich, wohl im Zusammenhang damit, als besonders geeignet zur Darstellung oligodynamischen Wassers.

Gläschen blieben natürlich geschlossen. Ein nachträgliches Eindringen von Luft während des Abkühlens des eingeschlossenen heissen Wassers, oder später, wurde hier durch wiederholtes Aufbringen jeweilen frisch ausgekochten, neutralen destillierten Wassers in die Halsrinne am Grund des Stöpselgriffes verhindert. Die Prüfung der so gewonnenen Flüssigkeiten ergab Folgendes:

1. Mit chemisch reinem Kupfer oder Quecksilber in Berührung stehendes neutrales destilliertes Wasser wird auch bei Ausschluss von freiem Sauerstoff und Kohlensäure oligodynamisch. Als das über dem chemisch reinen Kupfer resp. Quecksilber stehende Wasser zweier bis oben gefüllter Tropfgläser nach Verfluss von 4 Tagen in wohl gereinigte Uhrschälchen ausgegossen und mit Spirogyren beschickt wurde, stellte sich in beiden Fällen innert 5° energische oligodynamische Wirkung ein, sogar in manchen Fäden von Sp. setiformis. Ein Irrtum ist absolut ausgeschlossen.

2. Das Kupferwasser wirkte kräftiger als das Quecksilberwasser.

3. Das sub 1 angeführte Resultat kann jedoch noch nicht als ein sicherer Beweis dafür gelten, dass die genannten Metalle als solche dem Wasser oligodynamische Eigenschaften zu erteilen vermögen; denn das zu obigen Versuchen angewendete, in Glasgefässen destillierte Wasser war zwar neutral im Sinne von Nägeli, erwies sich aber als sauer reagierend (s. o.), auch wurde das Wasser der halb gefüllten Tropfgläschen, dem von Zeit zu Zeit freier Sauerstoff und Kohlensäure zugeführt wurde, schneller und stärker oligodynamisch als dasjenige in den luftfreien Gläsern.

Das in Glasgefässen destillierte Wasser aus dem agrikulturchemischen Laboratorium war unter Verwendung von Gasbrennern dargestellt worden. Neuerdings von mir selbst im pflanzenphysiologischen Laboratorium zu einer Zeit, wo im ganzen Gebäude die chemischen und botanischen Arbeiten ruhten, mittelst Spiritusflammen und bei geöffneten Fenstern, in Glasgefässen destilliertes Wasser reagierte gleichfalls deutlich sauer, und zwar ebensowohl, wenn Retorte, Kühler und Vorlage mit neuen Kautschukpfropfen verbunden wurden, als bei Anwendung neuer Korke. Das Lakmuspapier nicht rötende Brauchwasser, welches der Destillation unterworfen wurde, enthält als Seewasser nur wenig Kalk in Lösung; immerhin trübte es sich während der Destillation. Die saure Reaktion des Destillates rührt also wahrscheinlich von dem weniger fest gebundenen und mit den Wasserdämpfen übergehenden Kohlensäureanteil des Brauchwassers her, der den kohlensauren Kalk des letztern vorher in Lösung erhielt. Vielleicht entziehen die heissen Wasserdämpfe den Glasgefässen auch etwas Kieselsäure. Dass bei der Verbrennung des Spiritus entstandene Kohlensäure vom Destillat absorbiert worden sein könnte, halte ich des guten Verschlusses der Apparate wegen für wenig wahrscheinlich. Den Gegenstand noch weiter zu verfolgen, gab ich schon darum vorläufig auf, weil mir inzwischen die Spirogyren ausgegangen waren.

Lediglich chemisch giftige Wirkung erhielt ich bei Verwendung von 1/0, 1/00, Kupfervitriollösung auf dem Objektträger. Im ersten Fall kontrahierte sich der Primordial-

schlauch von Sp. quinina in 40°, im zweiten in 5 Stunden. Die Schlauchenden nahmen in beiden Fällen eine kupferrote Farbe an. $^1/_0$ Zuckerlösung bewirkte keine Kontraktion des Schlauches.

Die Löwsche Normallösung (1 $NAgO_3$, 1 NH_3 und 3,6 K_2O auf 100 000 Wasser), ebenso die Quecksilberchloridlösung a $\frac{1}{10000}$ gab gleichfalls chemisch giftige Wirkung.

Dagegen trat oligodynamisehe Erkrankung ein bei Verwendung von Kupfervitriollösung von $\frac{1}{100000}$ und $\frac{1}{1000000}$ Verdünnung auf dem Objektträger, und zwar im ersten Fall schon in 10—15°, im zweiten in 35°; ferner bei Verwendung Löwscher Flüssigkeit auf $\frac{1}{1000000}$ resp. $\frac{1}{10000000}$ verdünnt, im letztern Fall aber nur bei Dosenversuchen; endlich bei Dosenversuchen mit Quecksilberchloridlösung von $\frac{1}{100000}$, $\frac{1}{1000000}$, $\frac{1}{10000000}$ und $\frac{1}{100000000}$, und zwar in den beiden ersten Fällen rasch, bei $\frac{1}{10000000}$ im Lauf eines Tages und unverkennbar, bei $\frac{1}{100000000}$ in 2—3 Tagen und mehr weniger zweifelhaft.

Sehr starke Verdünnungen von Quecksilberchlorid, $\frac{1}{\text{Billion}}$ bis $\frac{1}{\text{Quadrilli n}}$ waren stets gänzlich wirkungslos, wenn zur Darstellung derselben Brauchwasser oder aus Glas in Glas destilliertes Wasser verwendet worden war. Dagegen konnte auch ich, wenigstens bei Dosenversuchen mit bis aufs Septillionfache verdünnten Quecksilberchloridlösungen die schönsten oligodynamischen Wirkungen erzielen und zwar bei septillionfacher Verdünnung so intensiv wie bei billionfacher, wenn ich die Ausgangsflüssigkeit mit gewöhnlichem destilliertem Wasser verdünnte. Selbstverständlich beruhte aber in diesem Fall der Effekt nicht auf dem Quecksilberchlorid, sondern auf dem von dem Destillationsapparat herrührenden Kupfergehalt des destillierten Wassers.

Für septillionfache Verdünnung hat Nägeli berechnet, dass im Liter nur noch der trillionste Teil eines Quecksilberchloridmoleküles enthalten sein könne. So einleuchtend es ist, dass unter solchen Umständen das beobachtete physiologische Effekt unmöglich auf das Quecksilberchlorid zurückgeführt werden kann, so schwer hält es anderseits, sich $\frac{1}{\text{Trillion}}$ Quecksilberchloridmolekül irgendwie vorzustellen. Die Sache wird um ein Geringes anschaulicher, wenn man untersucht, wie viel Wasser erforderlich wäre, um mit 1 Milligramm Quecksilberchlorid eine Lösung von septillionfacher Verdünnung zu erstellen. Die Rechnung ergibt, dass alles Wasser auf der Erde dazu nicht ausreichen würde. Man brauchte einen Wasserwürfel von rund 13 Millionen geographischen Meilen Seitenlänge, einen Würfel also, der von der Sonne bis beinahe zur Venus (mittlere Entfernung ca. 15 Millionen geographische Meilen) reichen würde. Enthalten, wie Nägeli angibt, 100 cm^3 Wasser bei millionenfacher Verdünnung ca. 200 000 Millionen Quecksilberchloridmoleküle, so würden, gleichmässige Verteilung der Quecksilberchloridmoleküle in jener ungeheuren Wassermenge vorausgesetzt, je 2 Moleküle darin um ca. $^2/_3$ Erddurchmesser von einander entfernt sein. Auch diese Betrachtung zeigt überzeugend, dass die oligodynamische Wirkung einer aufs Septillionfache verdünnten Lösung von Quecksilberchlorid in gewöhnlichem destilliertem Wasser nicht vom Quecksilberchlorid bedingt sein kann.

Inhaltsübersicht.

Druckfehler:

pag. 16 Zeile 5 von unten lies: erheblich sich steigerte,
„ 16 „ 4 „ „ „ 15—18° C.

Neue Untersuchungen

zur

vergleichenden Entwicklungsgeschichte und Systematik

der

Phalloideen

von

Dr. Ed. Fischer,

a. o. Professor der Botanik an der Universität Bern.

(Fortsetzung der „Untersuchungen zur vergleichenden Entwicklungsgeschichte und Systematik der Phalloideen" in diesen Denkschriften, Band 32 I. 1890.)

Mit 3 Tafeln und 5 Figuren in Holzschnitt.

Commissions-Verlag

von H. Georg in Basel, Genève und Lyon.

1893.

Druck von ZÜRCHER & FURRER in Zürich.



Inhaltsübersicht.



Im Jahre 1890 veröffentlichte ich in diesen Denkschriften, Band 32, Untersuchungen über die Familie der Phalloideen, welche es sich zur Aufgabe stellten, die Fruchtkörperentwicklung und die Formverhältnisse dieser Pilze vergleichend zu behandeln, um dadurch über die sogen. natürlichen Verwandtschaften derselben einiges Licht zu geben. Da es sich aber hier vorwiegend um exotische Gewächse handelt, so konnte es damals nicht vermieden werden, dass zahlreiche Lücken übrig blieben, die sich erst nach und nach werden ausfüllen lassen. Einen Beitrag dazu sollen die folgenden Zeilen geben: Seit der Beendigung genannter Arbeit habe ich nämlich von verschiedenen Seiten weiteres Untersuchungsmaterial erhalten, insbesondere war es mir auch im Frühjahr 1890 vergönnt, die reichhaltigen Londoner Sammlungen zu benützen und kürzlich konnte ich die im kgl. botanischen Museum zu Berlin aufbewahrten Materialien untersuchen. Meinen besten Dank sage ich bei der Gelegenheit den Herren Prof. W. G. Farlow in Cambridge, Mass., Prof. Dr. F. Ludwig in Greiz, Baron Ferd. v. Mueller in Melbourne, Patouillard in Fontenay-sous-Bois (Seine), Thaxter in New Hawen, Conn., Dr. O. Warburg in Berlin, sowie den Herren Prof. Oliver, Cooke und Massee in Kew, Carruthers und G. Murray in London, Prof. Dr. Engler und P. Hennings in Berlin, denen ich die Zusendung von Material und die Benützung der genannten Sammlungen verdanke.

Selbstverständlich wird auch das Folgende viel zu ergänzen und manches zu berichtigen übrig lassen; namentlich die Schlüsse, die aus dem systematischen Teile gezogen werden, sind noch mit Vorsicht aufzunehmen, da wir von den meisten Arten nur einzelne oder wenige Exemplare kennen und man daher sehr leicht Gefahr läuft, statt Spezies Individuen zu beschreiben. Dazu kommt noch, dass die verschiedenen Exemplare, sofern sie in verschiedenen Sammlungen liegen, vielfach nicht direkt verglichen werden konnten oder sich in sehr verschiedenem Erhaltungszustande befanden, was natürlich eine richtige Beurteilung derselben nicht erleichterte.

Auf die Besprechung der seit 1890 erschienenen Litteratur soll jeweilen an entsprechender Stelle eingetreten werden.

Im Folgenden werde ich mich häufig auf meine erwähnte Arbeit in Bd. 32 dieser Denkschriften beziehen müssen; im Interesse der Kürze werde ich dieselbe immer nur als «Unters. Phall.» citieren. — Die verschiedenen Herbarien und Sammlungen, aus denen Material untersucht wurde, sollen unter folgenden Abkürzungen angeführt werden:

Herbar oder Sammlungen in Kew: Herb. (resp. Coll.) Kew.

Herbarium Berkeley (ebenfalls in Kew befindlich): Herb. Berk.

Herbar oder Sammlungen des British Museum in South Kensington, London: Herb. (resp. Coll.) Brit. Mus.

Herbar oder Sammlungen des königl. botan. Museums zu Berlin: Herb (resp. Coll.) Berol.

Bern, Ende Dezember 1892.

I. Entwicklungsgeschichtlicher Teil.

I. Die Fruchtkörperentwicklung von Lysurus.

Unter dem Namen *Lysurus* vereinigte ich nach dem Vorgange anderer Autoren diejenigen Phalloideen, bei welchen das stielförmige Receptaculum oben einen Kranz von frei endigenden, aufrechten, kurzen, spitzen Aesten trägt, die vom Stiele scharf abgesetzt und ihrer ganzen Ausdehnung nach grobrunzlig sind, dabei die Sporenmasse von aussen umschliessen[1]). Nach diesen Verhältnissen kamen naturgemäss die *Lysuri* unmittelbar neben *Anthurus* zu stehen.

Diese Charakteristik steht nun aber mit der Fries'schen[2]) Beschreibung insofern nicht im Einklang, als dieser Autor in seiner auf die damals einzig bekannte Species *L. Mokusin* gegründeten Gattungsdiagnose angibt, es sei die Sporenmasse den Receptaculumästen aussen aufgelagert (nicht von diesen eingeschlossen). Ich vermutete damals[3]), es beruhe diese Angabe auf einem Irrtum, schon aus dem Grunde, weil sie mir mit dem, was sonst über Phalloideen bekannt war, nicht recht zu stimmen schien. Um so mehr musste ich mich verwundern, als mir Patouillard eine Notiz[4]) zusandte, nach welcher auch er an einem von Delavay gesammelten *L. Mokusin* — und zwar bei Untersuchung von Jugendexemplaren — die Gleba (resp. die Sporenmasse) auf der Aussenseite der Receptaculumlappen vorfand. Später[5]) hat er dann diese Verhältnisse genauer beschrieben: er zieht daraus den Schluss, es sei *L. Mokusin* von den übrigen *Lysurus*-Arten generisch zu trennen und aus der Gruppe der Clathreae zu den Phalleae herüberzunehmen in unmittelbare Nähe von *Mutinus*.

Noch vor dem Erscheinen dieser Beschreibung hatte Herr Patouillard die Freund-

---

[1]) Unters. Phall. p. 49 und 50.

[2]) Systema Mycologicum Vol. II 1823 p. 285. — Summa Vegetabilium Scandinaviae 1849 p. 434.

[3]) s. Versuch einer systemat. Uebersicht über die bisher bekannten Phalloideen. Jahrb. des botan. Gartens und des botan. Museums zu Berlin Band IV 1886 p. 78.

[4]) Quelques champignons de la Chine récoltés par M. l'abbé Delavay. Revue Mycologique No. 47 Jul. 1890, p. 2 des Sep.-Abdr.

[5]) Fragments Mycologiques X. Organisation du Lysurus Mokusin Fr., Journal de Botanique, 16 Juill. 1890 p. 65—70.

lichkeit, mir das Material, an welchem er obige Beobachtung gemacht hatte, zuzusenden. Ich konnte mich an demselben davon überzeugen, dass in der That die Gleba der Aussenseite der Receptaculumäste aufgelagert ist, während die Innenseite der letztern glebafrei ist. Bei weiterer Untersuchung kam ich aber zur Ueberzeugung, dass nichtsdestoweniger *Lysurus* mit den Phalleae nichts zu thun hat, sondern bei den Clathreae verbleiben muss; er repräsentiert nur eine eigentümliche Modifikation des für *Clathrus* beschriebenen Entwicklungsganges.

Das Material, welches mir Herr Patouillard gütigst übersandte, bestand, abgesehen von erwachsenen Exemplaren, in einem ziemlich vorgerückten «Ei». Es befand sich dieses in trockenem Zustande, doch waren Schnitte nach Einlegen in Wasser oder Erwärmung in Milchsäure fast ebenso brauchbar, wie wenn sie aus Alkoholmaterial angefertigt worden wären.

Taf. I, Fig. 48 veranschaulicht einen Querschnitt durch den obern, glebaführenden Teil des längshalbierten «Eies» im trockenen Zustande, Fig. 49 gibt ein schematisches Bild eines gleichen Querschnittes im aufgeweichten Zustande, gezeichnet unter Kombination der mikroskopischen Präparate und des Bildes, welches der trockene Pilz gewährt. Was zunächst das thatsächliche Verhalten dieses Eistadiums anbelangt, so stimmt dasselbe mit der von Patouillard (l. c. p. 68, 69, Fig. 5) gegebenen Beschreibung und Abbildung überein. Im trockenen Zustande sieht man die Axe eingenommen von einem Hohlraume; ursprünglich befand sich aber an dessen Stelle ein Gallertgeflecht (Fig. 49 *S*), dessen Ueberreste (Fig. 48 *S*) sich an der Wand des Hohlraumes in zusammengeschrumpftem Zustande vorfinden und beim Aufweichen noch deutlich nachweisbar sind. Diese centrale Gallerte wird im untern Teile des Eies umgeben vom Receptaculumstiele, hier im obern Teile dagegen finden wir sie begrenzt von den Lappen oder Armen des Receptaculums, deren Querschnitte in Fig. 48 und 49 bei *Rp* sichtbar sind. Diese Querschnitte haben dreieckige Form und grenzen mit ihrer ganzen Innenseite an die centrale Gallert; mit ihren inneren Ecken sind sie einander sehr genähert, nach aussen reichen sie fast bis zur Volva. Jeder Arm ist mehrkammerig — nicht einfach hohl, wie ich es in Unters. Phall. p. 43 angegeben —, die Kammerwände sind sehr dick. An die beiden Seitenflächen grenzen Glebapartien (*a*) an, welche nach aussen stark vorgewölbt sind, aber die centrale Gallert nur mit schmaler Kante berühren. Man kann demnach mit Patouillard sagen, es liege die Gleba auf der Aussenseite der Receptaculumlappen; indes ist doch zu bemerken, dass sie sich nicht über die Aussenkante derselben fortsetzt. Es stellt mithin die Gleba nicht eine zusammenhängende Masse dar, wie z. B. bei *Mutinus,* sondern sie ist in mehrere getrennte Stücke geteilt, die mit den Receptaculumlappen alternieren.

Im Querschnitte durch das trockene Exemplar sieht man jede dieser Glebapartien von einer scharfen, dunkeln Linie P_1 durchzogen, welche vom centralen Hohlraume ausgehend radial nach aussen verläuft, dabei allmählig schmäler werdend. Beim Aufweichen der Schnitte bemerkt man bald, dass diese Linie nichts anderes ist, als eine strahlige Aus-

zweigung der centralen Gallerte *S*, welche Auszweigung sich nach aussen direkt in die Volvagallerte fortsetzt (s. Fig. 49 P_1). Der Verlauf der Tramaplatten ist in diesem wie eingangs bemerkt bereits vorgerückteren Eistadium ein ziemlich unregelmässiger, doch lassen dieselben immerhin noch stellenweise einigermassen einen Verlauf in der Richtung von P_1 nach den Receptaculumästen hin erkennen. Wie anderswo, so auch hier sind die Tramaplatten Auszweigungen des Gallertstranges P_1. — Von der Aussenkante der Receptaculumäste erstreckt sich eine Platte nicht gallertigen Geflechtes (*Pl*) in die Volvagallert hinein und — soweit man nach Analogie mit andern Formen schliessen kann — durch dieselbe hindurch nach aussen.

So weit das Thatsächliche. Es erhebt sich jetzt die Frage: Was können aus diesem Verhalten für Rückschlüsse auf die Entwicklungsgeschichte gezogen werden? und speciell: wie kommt diese von den übrigen Clathreae abweichende Lage der Gleba zu Stande? Die Beantwortung dieser Frage ergibt sich am Besten aus der Vergleichung mit einem entsprechenden Entwicklungsstadium einer in ihrer Entwicklung vollständig bekannten Clathree, also mit *Clathrus.* Stellen wir also Fig. 49 neben ein entsprechendes Bild von *Clathrus*: Taf. I, Fig. 6 meiner Unters. Phall. Zu besserer Vergleichung sind überall die gleichen Buchstaben gewählt; zu bemerken ist nur, dass das Bild von *Clathrus* einen Längsschnitt darstellt, während wir in Fig. 49 einen Querschnitt haben. Auf den ersten Blick werden wir uns überzeugen, dass beide Pilze in diesem Stadium grosse Uebereinstimmung zeigen: bei beiden gehen von der centralen Gallertpartie *S* Gallertstränge P_1 ab, welche die Gleba durchsetzend gegen die Volva verlaufen; bei beiden setzen sich aussen an die Receptaculumäste Geflechtplatten (*Pl*) an, welche die Gallertschicht der Volva durchsetzen; bei beiden endlich verlaufen (was allerdings im vorliegenden Material nicht mehr sehr deutlich ist und in den genannten Figuren nicht zum Ausdruck kommt) die Tramaplatten gegen die Receptaculumäste hin und zweigen von P_1 ab. Die Unterschiede dagegen bestehen (abgesehen von der Form des Receptaculums, welche wir hier ausser Betracht lassen können) eben in der verschiedenen Lage der Receptaculumäste zur Gleba: bei *Clathrus* liegen dieselben mehr nach aussen und stossen mit ihrer Breitseite an die Volva, während sie, wie wir gesehen haben, bei *Lysurus Mokusin* mit ihrer Breitseite an das centrale Gallertgeflecht stossen.

Bei *Clathrus* ist nun, wie ich in Unters. Phall. eingehend dargelegt habe, die centrale Gallert aus dem Centralstrange *S* hervorgegangen; aus Zweigen dieses Centralstranges entwickelten sich ferner die einzelnen Gallertstränge P_1 und die Enden dieser Zweige bilden die Gallertpartien *G* der Volva. Zwischen den Centralstrangzweigen P_1 wurde dann später das Receptaculum *Rp* in Form von kleinen Hyphenknäueln angelegt (vergl. die Fig. 1 und 2 meiner Unters. Phall., sowie nebenstehende Textfigur I). Die gleiche ursprüngliche Differenzierung können wir auch für *Lysurus Mokusin* annehmen: s. Textfigur III. Im weiteren Verlauf zeigen dann bei *Clathrus* die Basalstücke der Centralstrangzweige (die Stelle ist in Fig. I durch Pfeile angedeutet) ein intercalares Wachstum, wodurch inner-

halb der Receptaculumanlage *Rp* ein Hohlraum entsteht, in welchen die Tramawülste hineinwachsen (s. Unters. Phall. Fig. 3 und 4, sowie nebenstehende Textfigur II). So kommt die Glebaanlage auf die Innenseite der Receptaculumäste zu liegen. Bei *Lysurus Mokusin* liegt nun die Gleba mehr auf der Aussenseite der Receptaculumäste, d. h. auf ihren beiden äusseren Flanken. Wir müssen daher annehmen, dass das intercalare Wachs-

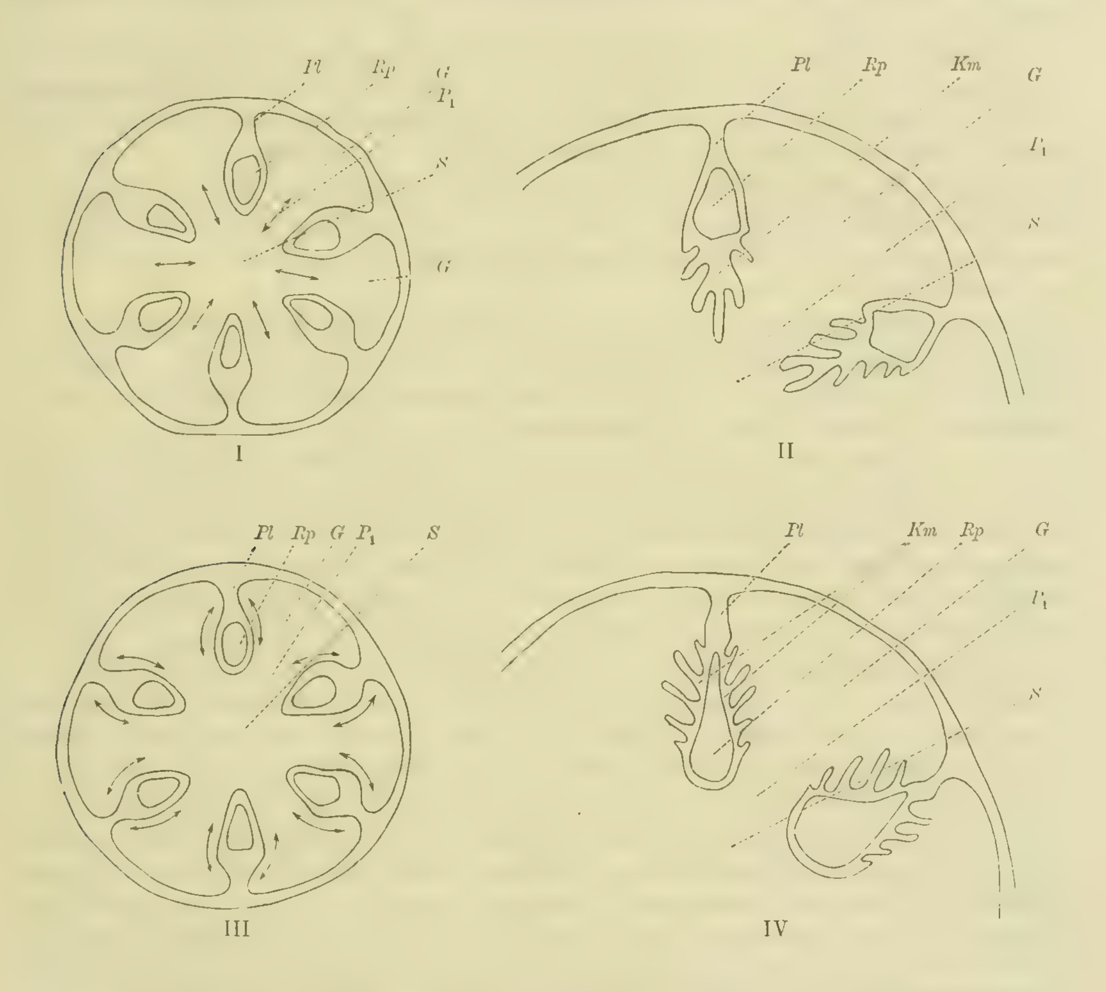


Fig. I. Schematische Darstellung eines Querschnittes durch einen sehr jungen Fruchtkörper von Clathrus cancellatus: Stadium der Fig. 2 in Unters. Phall.

Fig. II. Ebenso, aber älteres Stadium, ungefähr der Fig. 4 von Unters Phall. entsprechend.

Fig. III. Dasselbe Stadium wie Fig. I, wie wir es uns für Lysurus Mokusin zu denken haben.

Fig. IV. Dasselbe Stadium wie Fig. II, so wie wir es uns für Lysurus Mokusin zu denken haben.

Für die Buchstaben siehe die Tafelerklärung zu Fig. 48 und 49.

tum der Centralstrangzweige etwas weiter auswärts und nicht in rein radialer, sondern in mehr tangentialer Richtung erfolgt sei (in der Textfigur III durch Pfeile angedeutet). Dadurch entstand auf den beiden mehr nach aussen liegenden Seiten der Receptaculumanlage ein Hohlraum, in welchen später die Tramawülste hineinwuchsen (s. Textfigur IV) und so kommt die Glebaanlage auf die beiden Aussenflächen der Receptaculumäste zu liegen.

Abgesehen von der Form des Receptaculums ist also die erste Differenzierung bei *Clathrus* und *Lysurus Mokusin* wesentlich als die gleiche anzunehmen, und erst im spätern Wachstum der Centralstrangzweige zeigt sich ein Unterschied, der die verschiedene gegenseitige Lage von Receptaculum und Gleba bedingt. — Vergegenwärtigen wir uns dem gegenüber die Fruchtkörperentwicklung der Phalleae, so ist bei diesen die erste Differenzierung der Fruchtkörper eine ganz abweichende. Ich kann daher Patouillard nicht beistimmen, wenn er *Lysurus Mokusin* neben *Mutinus* stellt. *Lysurus Mokusin* ist vielmehr eine ächte Clathree.

Was die andern bisher beschriebenen *Lysurus*-Arten anbetrifft, so scheinen dieselben in der That in Bezug auf die Lage der Gleba von *L. Mokusin* abzuweichen. Freilich sind von diesen keine «Ei»-Stadien bekannt und man ist daher auf die erwachsenen Exemplare angewiesen, die weniger sichere Schlüsse zulassen.

Lysurus australiensis Cooke et Mass., von dem ich fertig entwickelte Exemplare untersuchen konnte, liess kaum einen Zweifel darüber obwalten, dass die Receptaculumlappen auf ihrer ganzen Innenseite glebabedeckt waren und dementsprechend zeigen sie hier auch querrunzlige Beschaffenheit, während für *L. Mokusin* Patouillard bemerkt: La face interne de chaque division du capitule, c'est à dire celle qui regarde l'axe de la plante, est *lisse, luisante* . . . . . Dasselbe wie für *L. australiensis* dürfte auch für *L. argentinus* Speg. und *L. Clarazianus* gelten, denn Spegazzini[1]) sagt von ersterem: laciniae . . . . . dorso papillosae, ventre grosse transversim rugosae ac in prima aetate pulpa sporifera vestitae, und bezüglich letzterer bemerkt er: pulpa sporifera ramorum capituli partem ventralem vestiens. Alle diese Formen dürften daher zweckmässiger *Anthurus* angeschlossen werden und der Name *Lysurus* wäre dann auf diejenigen Formen zu beschränken, deren Receptaculumarme auf der Innenseite glebafrei sind, d. h. zur Stunde auf *L. Mokusin* allein.

Wenn aber auch die genannten, als *Anthurus* zu bezeichnenden Formen mit *Lysurus* nicht übereinstimmen, so entsprechen sie doch auch nicht vollkommen dem Schema von *Clathrus cancellatus*, sondern sie halten gewissermassen die Mitte zwischen diesem und demjenigen von *Lysurus*, indem bei ihnen sowohl die Innenseite, als auch die nach aussen gerichteten Seitenflanken der Receptaculumäste mit Gleba bedeckt sind und nur die schmale nach aussen gerichtete Mittellinie glebafrei ist. Hier müssen wir also annehmen, dass das Wachstum der Centralstrangzweige die Erscheinungen von *Clathrus cancellatus* und *Lysurus*

---

[1]) Las Faloideas Argentinas. Anales de la sociedad cientifica Argentina T. XXIV p. 67, 68.

Mokusin kombiniert zeigt, wodurch ein Hohlraum entsteht, der den Receptaculumast innen und auf beiden Seiten umgibt. Dieses intermediäre Verhalten dürfte noch mehreren andern Clathreae zukommen, nämlich allen denjenigen, bei welchen die grobrunzlige Beschaffenheit sich auch auf die Aussenseite der Receptaculumäste erstreckt, so *Clathrus pusillus*, *Simblum*, *Colus hirudinosus* wenigstens in den obern Partien (während die untern mehr *Clathrus* entsprechen dürften), *Colus Gardneri*, *Colus Mülleri* u. a. — Für *Simblum periphragmoides* und *Clathrus pusillus* (?) konnte ich, wie der nächste Abschnitt zeigen wird, Jugendexemplare selber untersuchen.

2. Ueber die Entwicklung des Receptaculums bei Simblum periphragmoides und Clathrus pusillus (?).

Wiederum durch die Güte des Herrn Patouillard erhielt ich einige «Ei»-Exemplare des *Simblum periphragmoides* Klotzsch zur Untersuchung. Sie stammen aus der Umgebung von Ke-So in Tonkin. Die jüngern derselben entsprechen ungefähr dem in Fig. 6 meiner Unters. Phall. dargestellten Stadium des *Cl. cancellatus*. Was an ihnen auf Schnitten besonders auffiel, war der Umstand, dass hier die Gitteräste des Receptaculums nicht an der Oberfläche der Gleba verlaufen, sondern relativ tief in dieselbe eingesenkt erscheinen. Sie sind ringsum von Gleba umgeben und es laufen, wie mikroskopische Untersuchung zeigt, die Tramaplatten sowohl von aussen als auch von innen und von den Seiten her radial auf sie zu; nur an einer Stelle ist die Gleba unterbrochen, nämlich da, wo der Receptaculumast durch die sehr schmale Geflechtsplatte *Pl* mit der Volva in Verbindung steht. Taf. I, Fig. 50, ein Querschnitt durch einen solchen Receptaculumast und seine Umgebung, gibt die beste Erklärung dieses Verhaltens: bei *G* befindet sich die Volva, und von ihr aus sehen wir die Geflechtsplatte *Pl* bis zu dem Receptaculumaste (α) hin verlaufend, die Gleba durchsetzend. Diese Erscheinung werden wir uns nach den Auseinandersetzungen des vorigen Abschnittes am Besten so erklären, dass wir annehmen, es habe in den jüngsten Stadien ein gleichmässiges Wachstum in allen Punkten der Centralstrangzweige stattgefunden, so dass nicht nur innen (wie bei *Clathrus cancellatus*) oder aussen an der Receptaculumanlage (wie bei *Lysurus Mokusin*), sondern ringsum der Platz zur Bildung von Tramawülsten entstand. — Ein anderer, mehr nebensächlicher Unterschied gegenüber *Clathrus cancellatus* besteht darin, dass der Receptaculumast nicht mehrkammerig ist. Sonst aber sind bei beiden Arten im Wesentlichen die gleichen Verhältnisse zu konstatieren; inbesondere sehen wir auch bei *S. periphragmoides* die an das Receptaculum anstossenden Tramaplattenendigungen sich an der Bildung des Pseudoparenchyms beteiligen. — Zu erwähnen ist endlich noch, dass diejenigen Tramaplatten, welche an das Geflecht *Pl* grenzen, gegen letzteres hin keine Basidien bilden, sondern direkt mit ihrer Trama dasselbe begrenzen.

Das dem *Simblum periphragmoides* sehr nahe stehende *S. sphaerocephalum* scheint nach der von Gerard[1]) publizierten Abbildung und nach einer Skizze, die ich demselben Autor verdanke, nicht so tief in die Gleba eingesenkte Receptaculumäste zu besitzen.

Unter den Exemplaren von *Colus Mülleri* aus Gippsland (s. systemat. Theil), welche ich von Herrn Baron v. Mueller erhielt, befanden sich auch zwei junge Fruchtkörper, deren Receptaculum ungestielt zu sein schien und die daher wohl als *Clathrus pusillus* zu bezeichnen sind; doch ist es nicht ganz ausgeschlossen, dass es sich um *Cl. cibarius* handelte. Die Gleba derselben war ziemlich ausgebildet, die Receptaculumäste auch, aber noch ohne pseudoparenchymatische Beschaffenheit. Auch hier umschliesst die Gleba die Receptaculumäste, wenn auch nicht in dem Masse wie bei *S. periphragmoides*; wir haben es also ebenfalls mit einer Form zu thun, die eine Mittelstellung zwischen *Lysurus Mokusin* und *Clathrus cancellatus* einnimmt.

3. Das Receptaculum von Clathrus cibarius f. gracilis.

Von *Clathrus cibarius f. gracilis* (= *Ileodictyon gracile* Berk.) kennen wir aus Cordas Beschreibung und Abbildungen die Jugendzustände hinreichend, um zu sehen, dass auch hier in den Hauptzügen Analogie mit *Cl. cancellatus* besteht. Darüber aber, wie es kommt, dass hier die Gitteräste im reifen Zustande glatt sind, bieten uns jene Angaben wenig Anhaltspunkte. Ist dieser Umstand ein zufälliger oder ist er durch bestimmte entwicklungsgeschichtliche Verhältnisse bedingt? — Zwei von Herrn Dr. O. Warburg in Neu-England gesammelte Exemplare: ein Eizustand und ein ausgetretenes, aber noch nicht ganz entfaltetes Receptaculum gaben mir über diese Frage einigen Aufschluss.

Die Runzelung der Receptaculumäste von *Cl. cancellatus* kommt bekanntlich dadurch zu Stande, dass eine Zeit lang nach Anlage des Receptaculums die Wände seiner einzelnen Kammern (vermutlich infolge von Wachstum des Pseudoparenchyms und Mangel des nötigen Platzes für geradlinige Streckung) sich fälteln, und dadurch, dass diese Falten bei der Streckung des Receptaculums nicht mehr ganz ausgeglichen werden. Anders liegt die Sache in unserem Falle: Fig. 51, Taf. I, gibt das zweimal vergrösserte Bild des von Dr. Warburg gesammelten «Ei»-Zustandes. Es ist dasselbe ziemlich vorgerückt, die Sporenbildung in vollem Gange; vom Centralstrange sieht man in der Axe nur eine Andeutung, sei es, dass derselbe hier schwach ausgebildet, sei es, dass er vom Schnitte nicht ganz getroffen ist. Obwohl nun das Receptaculum völlig ausgebildet ist und bereits pseudoparenchymatische Beschaffenheit zeigt, so ist doch keine Spur von Fältelung der Kammerwandungen wahrzunehmen. Statt dessen fällt uns aber eine andere Erscheinung auf: An mehreren Stellen, an welchen der Schnitt die Gitteräste der Länge nach getroffen hat,

[1]) Bulletin of the Torrey bot. Club. Vol. VII 1880 Plate 1.

zeigen sich die letztern stark nach innen eingebogen und zwar in ihrer ganzen Mächtigkeit, nicht etwa bloss ihre Innenwand. Besonders deutlich ist dies in Fig. 51 bei *k*, dann auch bei *l*, *m* etc. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass diese Einfaltungen nicht von Anfang angelegt sind, sondern erst in einem spätern Stadium zu Stande kamen in der Weise, dass der Receptaculumast sich verlängerte, aber durch die umschliessende Volva an freier Ausdehnung verhindert wurde. Dass diese Einbiegung wirklich eine sekundäre ist, beweist der Umstand, dass die Falten auf ihrer Konkavseite meist von einer Lücke eingenommen sind (in der Figur schwarz gehalten), die durch Zerreissung des Gewebes bei Eintritt der Faltung entstanden sein muss. Auffallend ist dabei freilich, dass die auf der Konvexseite der Falte liegende Glebapartie keine entsprechende Zusammenpressung erkennen lässt.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass bei *Cl. cibarius f. gracilis* die Verhinderung der freien Entfaltung des Receptaculums nicht eine Fältelung der Kammerwände, sondern eine lokale Einbiegung der ganzen Receptaculumäste zur Folge hat. Dies zeigt sich noch viel unzweifelhafter, wenn wir neben das beschriebene Eistadium das ältere von Dr. Warburg gesammelte Exemplar stellen. Es ist das ein isoliertes Receptaculum, das wohl aus der Volva hervorzutreten begann, dessen Aeste jedoch noch nicht gestreckt sind, so dass das Ganze ein grösseres «Ei»-Exemplar an Grösse wenig übertrifft. Hier sind die Aeste ebenfalls vollständig glatt, nicht gerunzelt, aber durch stellenweise Einbiegungen stark verkrümmt (Fig. 52), ein Verhalten, das unmöglich bloss auf Rechnung der Aufbewahrung in Alkohol zu setzen ist. Wir werden vielmehr nicht fehlgehen, wenn wir diese Einbiegungen auf die bereits im jüngeren Stadium aufgetretenen, oben erwähnten zurückführen.

Das Obige kurz zusammenfassend kommen wir also zu dem Resultate, dass bei *Cl. cibarius f. gracilis* infolge der Verhinderung der freien Ausdehnung des Receptaculums nicht eine Fältelung der Kammerwände, sondern lokale Einbiegungen der Receptaculumäste zu Stande kommen, so dass im fertigen Zustande das Receptaculum zwar wohl etwas verbogene, aber durchaus nicht runzelige Aeste aufweist.

Wie es kommt, dass hier die Fältelung der einzelnen Kammerwände durch Einbiegungen des ganzen Astes ersetzt werden, darüber können natürlich nur Vermutungen ausgesprochen werden: Vor Allem wird man den Grund suchen in der meist flach bandförmigen Gestalt der Aeste, welche natürlich eine Einbiegung leicht zulässt, während bei röhriger Beschaffenheit derselben (*Cl. pusillus*), oder gar bei vielkammerigen dicken Aesten (*Cl. cancellatus*) eine solche nicht wohl stattfinden kann. Ferner scheint die Dicke der Wandung der Gitteräste in unserem Falle eine beträchtlichere zu sein als bei *Cl. cancellatus*, ein Umstand, der eine engere Fältelung erschwert. Endlich hat es auch den Anschein, als ob das Gallertgeflecht, das den Hohlraum der Aeste erfüllt, fester sei und sich weniger rasch desorganisiere, als bei anderen Arten, was eine festere Verbindung der Wandungen zur Folge haben und bewirken muss, dass dieselben sich nicht von einander unabhängig fälteln können.

Es schliesst sich hier noch eine Frage systematischer Natur unmittelbar an. Den

soeben besprochenen *Cl. gracilis* habe ich in meinen Unters. Phall. als Varietät zu *Cl. cibarius* gestellt, zugleich aber angegeben, dass letzterer durch querrunzlige Receptaculumäste charakterisiert sei. Man sollte demnach glauben, es stimme *Cl. cibarius* typicus in Bezug auf das in Rede stehende Verhalten seiner Receptaculumäste mit den anderen *Clathrus*-Arten überein, was natürlich gegen die Verschmelzung von *Cl. gracilis* und *cibarius* sprechen würde. Indes glaube ich — soweit dies ohne nochmalige Untersuchung der Tulasne'schen Alkoholexemplare möglich ist — sagen zu können, dass jene Runzelung einfach dadurch zu Stande gekommen ist, dass hier die Einbiegungen zahlreicher und kleiner sind als bei der var. *gracilis*, nicht aber dadurch, dass wie bei den übrigen *Clathri* die Wände des Receptaculumastes sich unabhängig von einander, jede für sich, fältelten. Ein principieller Unterschied zwischen *Cl. cibarius* und *gracilis* würde somit auch in diesem Punkte nicht vorliegen. — Man kann demnach für *Cl. cibarius* incl. var. *gracilis* als Unterscheidungsmerkmal gegenüber den andern Arten angeben: Receptaculumäste glatt oder (bei nicht völlig gestreckten Receptaculis) mit mehr oder weniger zahlreichen Einfaltungen, an denen aber der Receptaculumast in seiner ganzen Dicke teilnimmt. Mit *Cl. cibarius* dürfte in dieser Hinsicht eventuell noch der unvollkommen bekannte *Cl. delicatus* Berk. et Br. übereinstimmen.

4. Ueber Jugendstadien von Aseroë.

In den Holzschnitten I bis IV meiner Unters. Phall. hatte ich es versucht, die Entwicklungsgeschichte der Fruchtkörper von *Aseroë*, da das direkte Beobachtungsmaterial fast vollständig fehlte, zu rekonstruieren. Ich war dabei u. a. zum Resultate gekommen, dass in den «Ei»-Stadien die Arme des Receptaculums nach oben über der Gleba zusammenneigen, dabei aber in ihrem obern Teile nicht von Glebateilen begleitet seien, sondern mit dem Geflechte des erweiterten Centralstranges in Berührung stehen. (Siehe Fig. III und IV meiner Unters. Phall., sowie nebenstehende Textfigur V). Wenn auch diese Schlüsse gut begründet werden konnten, so waren doch direkte Beobachtungen sehr erwünscht.

Seither habe ich einerseits eine damals nicht gesehene Literaturangabe berücksichtigen können und andererseits ein Eistadium untersucht; beides diente zur Bestätigung jener beiden Punkte.

In der Flora Novae Zelandiae[1]) Vol. II 1855 finden wir auf Taf. CV Fig. 13 die Abbildung eines Längs- und Querschnittes von einem «Ei» der *Aseroë Hookeri* (= *A. rubra*, s. pag. 73 meiner Unters. Phall.). Aus denselben erhellt auf den ersten Blick, dass die Arme des Receptaculums die Gleba überwölben und in ihrem obern Teile mit letzterer nicht in Kontakt stehen. Indes ist der abgebildete Längsschnitt nicht ganz median.

---

[1]) The botany of the antarctic voyage of H. M. Discovery ships Erebus and Terror Part II.

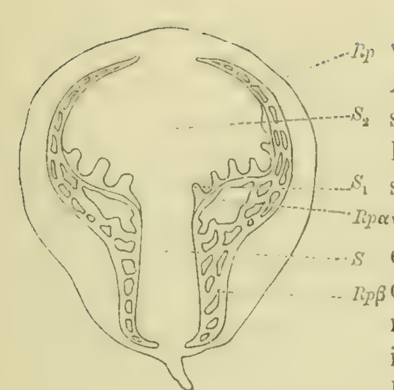


Fig. V. Ideale Darstellung eines Längsschnittes durch ein jüngeres Ei von Aseroë rubra. Buchstabenerklärung s. unten, im Text.

Ein gut erhaltenes, allerdings leider schon ziemlich vorgerücktes, in Alkohol aufbewahrtes Jugendstadium der *Aseroë rubra*, und zwar am besten der *f. pentactina* entsprechend, befindet sich neben erwachsenen Individuen (Taf. I, Fig. 53) in der Sammlung des britischen Museums. Ein Längsschnitt (Fig. 54) zeigte folgende Verhältnisse: Die Stielwandung (*Rp* β) hat noch gefaltete Kammerwände und umgibt eine axile Gallertmasse *S*. Am obern Rande der Stielwandung: an derjenigen Stelle, die später zum Saume der Stielmündung wird, bei *Rp* α, sind die Kammern sehr gross; es ist dies zugleich die Stelle, an welcher die Gleba mit dem Receptaculum in direkter Berührung und Verbindung steht, diejenige Stelle, welche beim entwickelten Exemplare die zerfliessende Sporenmasse trägt. Von hier ausgehend, verlaufen die Arme *Rp* bogig nach oben, die Gleba überwölbend und mit ihr nicht mehr im Zusammenhange stehend, sondern durch einen Hohlraum von ihr getrennt. Die Spitze der Arme reicht über den Scheitel hinaus noch ein Stück weit auf der anderen Seite abwärts, so dass hier eine Kreuzung der Arme eintritt. Infolge dessen sieht man auch auf unserem Längsschnitt mehrere quer getroffene Arme. Diese Kreuzung der Arme, sowie der Hohlraum über der Gleba waren wohl nicht ursprünglich vorhanden, sondern rühren jedenfalls davon her, dass bereits die definitive Streckung der Arme begonnen hat. — Die Gallertmasse der Stielaxe setzte sich ursprünglich nach oben fort in den Gallertstrang S_1, der die Gleba vertikal durchzieht; doch ist der Zusammenhang im abgebildeten Exemplar, wohl durch eine Zufälligkeit, unterbrochen. Der Gallertstrang S_1 setzt sich dann seinerseits nach oben fort in eine Gallertschicht S_2, welche die Gleba oben als dünner Ueberzug bedeckt und sich zwischen diese und den obern Teil der Receptaculumarme einschiebt. Ursprünglich war dieser Ueberzug jedenfalls mächtiger. Auch diese Beobachtung steht im Einklange mit unserer Konstruktion.

Ein Längsschnitt durch eine *Aseroë* beim Beginn der Glebabildung muss somit ungefähr unserer Textfigur V entsprechen: Der Centralstrang *S* erweitert sich nach oben bei S_1 und S_2, und an der Unterseite dieses verbreiterten Teiles entsteht die Glebaanlage zunächst in Form einzelner Tramawülste; Centralstrang nebst Glebaanlage sind umschlossen von der Receptaculumanlage, welche Stiel *Rp* β, Saum *Rp* α und Arme *Rp* unterscheiden lässt. Die weitere Entwicklung besteht besonders im Wachstum der Gleba, resp. Streckung und Vermehrung der Tramawülste, wodurch die Partie S_2 zu einem schmalen Ueberzuge (s. Fig. 54) verzerrt wird, während S_1 einen von der Gleba rings umgebenen Strang darstellt. Schliesslich verlängern sich die Arme und heben sich in ihrem obern Teile von der Gleba ab.

Hoffentlich wird es bald gelingen, an ganz jugendlichen Exemplaren unsere Darlegung zu verifizieren!

5. Die Indusiumanlage von Ithyphallus impudicus (L.)

Auf pag. 26 meiner Unters. Phall. habe ich die Ansicht ausgesprochen, dass *Ithyphallus impudicus* in seinen jugendlichen Fruchtkörpern eine Indusiumanlage besitze, die aber nicht zur Ausbildung kommt, sondern im Zustande von Primordialgeflecht verbleibt und später zu Grunde geht. Unabhängig von mir kam in einer wenige Zeit nachher publizierten Arbeit van Bambeke[1]) zu ganz ähnlichen Resultaten, er weicht jedoch insofern von mir ab, als nach ihm die in Rede stehende Indusiumanlage nicht im Zustand von Primordialgeflecht verbleibt, sondern sich vielmehr in ihrer ganzen Ausdehnung an der Bildung des Hutes beteiligt. Nach van Bambeke würde somit der Hut von *I. impudicus* dem Hute plus dem Indusium von *Dictyophora* entsprechen, während nach meiner Auffassung der Hut von *I. impudicus* homolog ist dem Hute plus der zwischen Hut und Indusium liegenden Geflechtszone von *Dictyophora*, allenfalls noch unter Beteiligung der äussersten Zone der Indusiumanlage. — Auch nach Kenntnisnahme meiner Arbeit hält van Bambeke in einer nachträglichen Notiz[2]) seine Auffassung aufrecht.

Diese Meinungsdifferenz veranlasste mich, die Sache einer nochmaligen Prüfung zu unterziehen, welche mich dazu führte, dennoch an meiner ursprünglichen Anschauung festzuhalten.

Als Ausgangspunkt wählen wir die von van Bambeke (l. c. Tab. VI 1) reproduzierte Fig. 22 meiner Unters. Phall. Die Differenzierung des Fruchtkörpers ist dort folgende: Innerhalb der noch aus isolierten Wülsten und Falten bestehenden jungen Gleba *a* liegt eine hellere Geflechtszone *H*. Auf diese folgt eine Zone *I*, welche sich in ihrem obersten Teile seitlich an die Stielanlage ansetzt; dieselbe lässt eine dichtere innere und äussere Lage von einer mittleren helleren unterscheiden. Van Bambeke ist nun darüber mit mir einig, dass die Zone *I* als Homologon des Indusiums anzusehen ist[3]). Es geht dies ja aus der Vergleichung mit den entsprechenden Stadien von *D. phalloidea* ohne Weiteres hervor. Für die weitere Entwicklung nehme ich nun aber an, dass *H*, sowie die äusserste Schicht von *I* zum Hute wird, während der übrige Teil von *I* im Zustande von Primordialgeflecht

---

[1]) De l'existence probable chez Phallus impudicus d'un involucrum ou indusium rudimentaire. 1890. Botanich Jaarboek uitgegewen door het kruidkundig genootschap Dodonea te Gent. Derde jaargang 1891.

[2]) Addition à ma notice: de l'existence probable etc. l. c. p. 112—123.

[3]) Er nimmt hiefür speciell die innerste Lage von *I* in Anspruch, was für die in meinen Unters. Phall. besprochene D. phalloidea typica nicht zu bestreiten ist, während bei der von mir in Annales du jardin bot. de Buitenzorg Vol. VI p. 23 beschriebenen javanischen Dictyophora die ganze Zone *I* sich an der Indusiumbildung beteiligen dürfte (cf. p. 32 meiner Unters. Phall).

verbleibt. Nach van Bambekes Auffassung entspricht dagegen nicht *H*, sondern *I* dem späteren Hute, während *H* zu der dem Hute unmittelbar aufliegenden Tramalage wird. Es handelt sich somit hier um eine Frage rein entwicklungsgeschichtlicher Natur, d. h. um die Frage: was wird bei der weiteren Fruchtkörperentwicklung aus den Zonen *H* und *I*?

Vorerst spricht schon eine Vergleichung von Fig. 22 meiner Unters. Phall. mit vorgerückteren Stadien (cf. van Bambeke Taf. 1, Fig. 1 und 2) gegen die Annahme, dass *I* (mit Ausschluss von *H*) zum Hute werde: *I* zeigt eine glatte Aussenfläche, während die Aussenfläche des Hutes mit stark vorspringenden und weit in die Gleba hineinragenden Leisten versehen ist. Ferner setzt sich *I* seitlich an der Stielanlage an, und zwar unterhalb ihrer apicalen Erweiterung; der Hut dagegen setzt sich stets erst unmittelbar unter dem Scheitel an, da wo die Stielwand sich nach aussen biegt, ein Verhalten, welches viel mehr mit dem von *H* übereinstimmt.

Um jedoch ganz sicher zu gehen, fertigte ich noch Schnitte durch die Scheitelregion von Fruchtkörpern an, welche älter sind als der in Fig. 22, aber jünger als der in Fig. 23 und 24 meiner Unters. Phall. dargestellte. Dieselben sind in Fig. 61 und 62 abgebildet. Fig. 63 ist dasselbe Stadium wie Fig. 62, aber bei nur zweimaliger Vergrösserung.

Das in Fig. 61 dargestellte Stadium ist wenig älter als das in Fig. 22 meiner Unters. Phall. abgebildete, und es kann keinem Zweifel unterliegen, dass *I* und *H* den dort ebenso bezeichneten Zonen entsprechen: Für *H* leuchtet dies auf den ersten Blick ein, es ist das ja die Zone, welche an den Scheitel der Tramaplatten unmittelbar anstösst, auch sieht man diese Zone ebenso wie in der Fig. 22 an derjenigen Stelle an den Stiel anstossen, wo dieser sich bereits stark verbreitert hat, d. h. an seinem obersten Ende. *I* ist leicht daran kenntlich, dass es sich seitlich an die Stielanlage ansetzt; dass dies hier unter spitzerem Winkel geschieht als in Fig. 22, liegt in individuellen Verhältnissen des untersuchten Exemplars begründet. Zum Unterschiede vom vorigen Stadium ist, besonders im unteren Teil des Fruchtkörpers, die Grenze von *I* gegen das Primordialgeflecht *P* bereits sehr verwischt. Nebenbei sei ferner bemerkt, dass am Scheitel auch die Grenze von *I* und *H* sehr wenig scharf erscheint. — Als wesentlich ist dagegen hervorzuheben: erstens, dass vor dem Scheitel der Tramaplatten in der Zone *H* eine dichtere Verflechtung (α) aufzutreten beginnt, welche wohl die erste Anlage der nachmaligen Zone α (Fig. 62) darstellt, und zweitens, dass im Winkel zwischen *I* und der Stielwandanlage die letztere in ω einen leichten Vorsprung, resp. einen etwas vorspringenden Geflechtsknäuel zeigt, der allerdings nur sehr unbestimmt abgegrenzt ist, eher noch weniger deutlich, als es in der Figur 61 angegeben ist.

Nehmen wir jetzt das folgende, in Fig. 62 und 63 dargestellte Stadium, bei welchem die Gleba eben begonnen hat, sich zu färben, und zwar zunächst mit einem ins Violette spielenden Ton. Auf einem medianen Längsschnitt durch den Scheitel (Fig. 62) erkennen wir sofort, wie wir die einzelnen Teile aufzufassen haben: Zunächst finden wir auch hier wieder den kleinen Vorsprung ω der Stielwand. Die zwischen diesem und dem Scheitel,

liegende Strecke werden wir — in Uebereinstimmung mit Fig. 61 — als die Ansatzstelle der Zone *I* ansehen müssen. Letztere besitzt allerdings jetzt gar keine auffallenden Eigenschaften mehr und sticht bei mikroskopischer Untersuchung von dem innen angrenzenden Geflechte *P* (von welchem in Fig. 62 unterhalb ω noch ein kleiner Zipfel *g* bemerkbar ist) kaum ab. Makroskopisch betrachtet (Fig. 63) unterscheidet sich *I* dagegen noch deutlich durch etwas dunklere Farbe. Dass die Strecke zwischen ω und dem Scheitel hier länger ist als in Fig. 61, kann uns nicht befremden, da der Stiel sich inzwischen verlängert hat. — Weiterhin muss das nach aussen auf *I* folgende Geflecht der Zone *H* von Fig. 61 entsprechen: das lehren schon seine Lage und seine in die Gleba vorragenden Vorsprünge, ebenso auch der Umstand, dass dieses Geflecht sich ganz am Scheitel des Stieles, bei *γ* ansetzt. Dass seine Breite geringer ist als im vorigen Stadium, mag auf individuelle Verhältnisse des untersuchten Exemplars zurückzuführen sein. Aus Fig. 62 geht ferner hervor, dass *H* nicht zu der dem Hut unmittelbar aufliegenden Tramaschicht (= van Bambekes Zone *a*, in Fig. 62 mit *L* bezeichnet) werden kann, denn diese letztere figuriert in unserem Stadium auch bereits, und zwar neben *H*. Diese Tramalage *L* müssen wir uns vielmehr durch Verschmelzung, resp. seitliche Verwachsung der Tramaplatten-Enden entstanden denken, vielleicht — das mag zugegeben werden — unter Beteiligung der äussersten Partie von *H*.

Es bleibt uns jetzt nur noch übrig die Figuren 62 und 63 mit den nächstfolgenden älteren Stadien: Fig. 24 und 23 meiner Unters. Phall. zu vergleichen, um so über das schliessliche Schicksal der einzelnen Teile ins Klare zu kommen. Der Vorsprung ω ist in Fig. 23 an derjenigen Stelle aufzusuchen, wo *P* und *I* mit der Stielwandung zusammenstossen (in Fig. 24 liegt ω bereits ausser dem Bereich der Zeichnung). *I* erscheint hier als ein lockeres, bei makroskopischer Betrachtung grau gefärbtes Geflecht, dessen Durchmesser im Vergleich zu Fig. 63 noch zugenommen hat. Dass ferner *H* der Fig. 23 und 24 den entsprechend bezeichneten Zonen von Fig. 63 und 62 entspricht, ergibt die Vergleichung sofort, um so mehr als in beiden Stadien ihre Differenzierung in die drei Zonen *α*, *β*, *γ* zu erkennen ist, welche drei Zonen von van Bambeke selber als identisch mit seinen Zonen *b*, *c*, *d* erklärt und mithin als Hutanlage anerkannt werden. Etwas mehr Schwierigkeit macht in Fig. 24 das Wiedererkennen der Zone *L* (= van Bambekes *a*), da sie hier (wohl zufällig) wenig deutlich ausgebildet ist. Auch die oberste Partie von *H* (mit *γ* bezeichnet) hat in Fig. 62 und 24 nicht ganz gleiche Form; aber das kann uns nicht wundern: geht ja doch aus dieser Partie der spätere Kragen hervor, der bekanntlich von Individuum zu Individuum verschiedene Ausbildung zeigen kann.

Wir kommen mithin zu dem Resultate, dass die in meinen verschiedenen Figuren mit gleichen Buchstaben bezeichneten Zonen einander entsprechen, dass es mithin die Zone *H* der Fig. 22 ist, die zum Hute wird, während *I* im Zustande eines lockeren Geflechtes verbleibt.

6. Die Fruchtkörperentwicklung von Ithyphallus Ravenelii (B. et C.).

Ithyphallus Ravenelii zeichnet sich vor den übrigen Arten der Gattung besonders dadurch aus, dass sein Hut einen kammerigen Aufbau zeigt. Bis jetzt sind jedoch von diesem Pilze meines Wissens nur fertige Exemplare beschrieben worden, so dass wir nicht wissen, wie wir im Vergleich zu den andern *Ithyphalli* diese Eigentümlichkeit aufzufassen haben. In meinen Unters. Phall. (p. 30) habe ich die in dieser Hinsicht möglichen Deutungen kurz auseinandergesetzt; es sind das die folgenden: Einmal könnte die Bildung des Hutes in gleicher Weise vor sich gegangen sein, wie bei *I. rugulosus*, nur mit dem Unterschiede, dass noch weiter einwärts an den Tramaplatten die Basidienanlagen sich zu Pseudoparenchym umbilden. Es wären dann also die Kammern des Hutes gebildet durch die verquollenen Tramaplatten, und die Kammerwände wären die durch Pseudoparenchym ausgefüllten Glebakammern. Als zweite Möglichkeit stellte ich den Fall hin, dass der Hut von *I. Ravenelii* demjenigen von *I. impudicus* homolog sei, nur mit dem Unterschiede, dass derselbe statt massiv ausgebildet zu sein, gekammert erscheint. Drittens konnte die Annahme gemacht werden, dass der gekammerte Hut den Schichten *H* und *I* von *I. impudicus* entspricht, d. h. es ist ein Indusium der Anlage nach vorhanden, kommt aber nicht als selbständiger Teil zur Ausbildung, sondern verschmilzt mit dem Hut. Diese letzte Möglichkeit würde dem von van Bambeke für *I. impudicus* angenommenen Verhalten entsprechen.

Von Herrn R. Thaxter erhielt ich einige Jugendexemplare des *I. Ravenelii*, welche es mir gestatteten, die obige Frage der Lösung näher zu bringen. Das älteste dieser Exemplare (Fig. 68) ist dem Momente der Stielstreckung nahe, beim jüngsten beginnt sich die Gleba eben zu färben und das dritte Exemplar (Fig. 67) hält die Mitte zwischen beiden.

Untersucht man einen medianen Längsschnitt des jüngsten dieser drei Stadien (Fig. 64 und 65), so erkennt man, namentlich in der Nähe des Scheitels, noch ganz deutlich die Wülste und zwischenliegenden Falten, aus denen die Gleba aufgebaut ist. Man konstatiert ferner, dass die Tramaplatten an ihren Flanken vom Hymenium überkleidet sind, aber (abweichend von *I. impudicus*) an ihrem Scheitel (Fig. 65 ζ) nicht verwachsen, sondern mit Hyphen umgeben erscheinen, die sich später in Pseudoparenchym verwandeln und einen Teil des gekammerten Hutes bilden. Der grösste Teil der Hutanlage entsteht jedoch nicht unmittelbar an den Enden der Tramaplatten, sondern aus der innen an dieselben grenzenden Geflechtszone: diese differenziert sich in eine Anzahl von Hyphenknäueln β (den Tramaplatten homolog) und in die Zwischenräume zwischen denselben (α, den Glebakammern homolog) treten Hyphen, die sich dann später in Pseudoparenchym umwandeln. Die innersten Knäuel stehen in Kontinuität mit dem innen angrenzenden Primordialgeflecht P; und das hat — da die Hyphenknäuel β die späteren Hutkammern darstellen — zur Folge, dass die innern Kammern des Hutes im entwickelten Fruchtkörper offen sind, während an

der Aussenseite der Hut den Tramaplattenenden entsprechende Gruben zeigt. Am Scheitel setzt sich, wie Fig. 64 zeigt, die Hutanlage direkt in den ebenfalls bis oben gekammerten Stiel fort.

Im nächstfolgenden Stadium hat sich die Ausbildung des Pseudoparenchyms vollzogen und das Geflecht der Kammern von Stiel und Hut ist lichtbrechend gallertig geworden, wodurch es sich scharf von dem innen angrenzenden Primordialgeflecht *P* abhebt, das übrigens am Scheitel des Fruchtkörpers stark zusammengepresst ist. S. Figur 66 (die braun gehaltenen Partien stellen das Pseudoparenchym dar).

Das älteste der drei untersuchten Stadien zeigt bereits ausgeprägt die Fältelung der Stiel- und Hutkammerwände, und zwar im Stiele stärker als im Hute, ebenso hat auch die Zerreissung des Primordialgeflechtes zwischen Hut und Stiel begonnen.

Aus dem Gesagten geht zunächst jedenfalls das hervor, dass der Hut seinem grössten Teile nach entstanden ist aus einer innen an die Gleba angrenzenden Zone, während die Tramawülste sich nur in geringem Grade an seiner Bildung beteiligen. Es kommt dadurch die erste der drei oben ausgesprochenen Möglichkeiten ausser Betracht; vielmehr liegt der Hut von *I. Ravenelii* hauptsächlich in einer Geflechtszone, die der bei *I. impudicus* mit *H* bezeichneten homolog ist, und es fragt sich nur noch, ob nicht ausserdem seine innerste Partie noch mit *I* homolog sei; mit anderen Worten, wir haben noch zwischen der zweiten und dritten der oben angeführten Möglichkeiten zu entscheiden. An der Hand meines Materials wage ich es nicht, mich mit Bestimmtheit hierüber auszusprechen. Der Umstand freilich, dass auch im jüngsten der drei Stadien, welches jünger ist als Fig. 63 von *I. impudicus,* keine scharf abgegrenzte, als *I* zu bezeichnende Zone innen am Hute sichtbar ist, der Umstand ferner, dass die Hutanlage mächtiger erscheint, als es gewöhnlich die Zone *H* von *I. impudicus* ist, lässt mich zu der Auffassung neigen, dass der Hut von *I. Ravenelii* auch die Zone *I* des *I. impudicus* in sich begreift. Gegen diese Auffassung spricht allerdings die Insertion des Hutes an dem Stiel, welche bei obiger Annahme nicht am äussersten Scheitel des letztern erfolgen, sondern sich auf eine längere Strecke des Stieles erstrecken müsste. Es ist übrigens auch nicht gesagt, dass man die Homologien der einzelnen Teile verschiedener Arten so bis in alle Einzelheiten durchführen solle und könne.

Resümieren wir das Obige, so kommen wir zum Schlusse, dass der Hut von *I. Ravenelii* entweder nur dem Hut von *I. impudicus* oder dessen Hut plus Indusiumanlage homolog ist.

Das Gesagte setzte stets das Fehlen eines eigentlichen distinkten Indusiums voraus. Dass dem wirklich so ist, geht aus Fig. 67 und 68 ganz unzweifelhaft hervor. Ich betone dies ausdrücklich im Gegensatz zu den Angaben amerikanischer Autoren[1]), welche für *I.*

[1]) Peck, Ch. H. in Bull. of Torrey bot. Club. Vol. IX 1882 p. 123. — Farlow in Bulletin of the Bussey Institution Jan. 1878 p. 247. — Morgan, A. P. North american Fungi, Journal of the Cincinnati society of natural history Vol. XI No. 4 pag. 146.

Ravenelii ein Indusium angeben. Unter einem Indusium ist bei den Phalloideen stets ein Anhängsel oder, besser gesagt, Auswuchs des Receptaculums zu verstehen, der wie letzteres in der Regel pseudoparenchymatische Beschaffenheit hat. Ein solches ist nun aber hier nicht vorhanden: der kleine Fetzen, welcher in den ausgewachsenen Exemplaren zwischen Stiel und Hut herabhängt, ist nur der Ueberrest des Primordialgeflechtes P und hat mit einem Indusium nichts zu thun; denselben als Indusium auffassen, hiesse ganz ungleichwertige Dinge identificieren.

7. Mutinus boninensis n. sp.

Von Herrn Dr. O. Warburg erhielt ich zur Untersuchung einen *Mutinus*, den derselbe auf den Bonin-Inseln gesammelt hatte. Es waren neben 1—2 erwachsenen Exemplaren zahlreiche Jugendzustände, sämtlich in Alkohol aufbewahrt. Unter allen genauer bekannten *Mutinus*-Formen, als da sind: *M. caninus*, *M. Mülleri*, *M. bambusinus*, steht derselbe dem letztgenannten am nächsten, unterscheidet sich aber doch in mehreren Punkten deutlich von ihm. Unter den übrigen Arten könnte eventuell *M. borneensis* Ces. in Frage kommen, aber wir kennen denselben zu wenig, um hierüber ein sicheres Urteil zu erhalten. Ich ziehe es daher vor, den vorliegenden Pilz als neue Art zu betrachten.

Ein erwachsenes Exemplar ist in Fig. 71 abgebildet. Es handelt sich um eine kleinere Form, deren Receptaculum 4—4½ Cm. Höhe hat, wovon ca. 1½ Cm. auf den sporentragenden Teil entfallen. Abgesehen von seiner relativ geringen Länge ist letzterer von dem des *M. bambusinus* auch dadurch verschieden, dass er enger und schärfer quergerunzelt und am Scheitel abgestumpft ist. Die Stielwand besteht aus einer Lage von Kammern, die nach aussen meist geschlossen sind. Die Farbe des Receptaculums dürfte — soweit ein Schluss aus Alkoholmaterial noch möglich ist — eine trübrötliche gewesen sein.

Auch in den Eizuständen tritt der Unterschied gegenüber *M. bambusinus* deutlich hervor, man braucht nur Fig. 70 mit Fig. 28 meiner Arbeit in Treubs Annalen[1]) zu vergleichen. Das Receptaculum zeigt nämlich bei *M. boninensis* in der Jugend eine ganz allmähliche gleichmässige Verschmälerung von unten nach oben und ist am Scheitel abgerundet, während es bei *M. bambusinus* in der Mitte stark erweitert und am Scheitel zugespitzt ist, ferner auch eine ziemlich deutliche Abgrenzung von sporentragendem und sporenfreiem Teil erkennen lässt. — In einem noch jüngeren Stadium (Fig. 69), wo die Faltung der Kammerwände noch nicht begonnen hat, ist die rings um die Stielbasis liegende sterile nicht gallertige Geflechtspartie B schmaler als bei *M. bambusinus* und erinnert mehr an das Verhalten, welches de Bary[2]) für *M. caninus* beschreibt.

[1]) Zur Entwicklungsgeschichte der Fruchtkörper einiger Phalloideen, Annales du Jardin botanique de Buitenzorg. Vol. VI Taf. V.

[2]) Zur Morphologie der Phalloideen in Beitr. z. Morphol. und Physiol. der Pilze. Erste Reihe 1864.

Aehnlich wie *M. Mülleri* und *M. bambusinus* zeigt *M. boninensis* den sporentragenden Teil des Receptaculums von einer Pseudoparenchymlage überzogen. In Fig. 74, einem Längsschnitt aus einem ziemlich vorgerückten Eizustande, sehen wir dieselbe bei *s*, während *z* die Kammerwände des sporentragenden Teiles, *a* die schon stark zusammengedrückten Reste der Gleba darstellt. Diese dem Receptaculum aufgelagerte Zellschicht folgt im Allgemeinen den Falten der Kammerwände und besteht aus mehr oder weniger polygonal abgeplatteten Zellen, die mit gelblichem Inhalt meist dicht erfüllt sind, so dass sich diese Schicht auf den ersten Blick stark von ihrer Umgebung abhebt. Jüngere Stadien geben uns über die Entstehung derselben Auskunft; Fig. 73 stellt den Längsschnitt durch ein solches dar, und zwar ungefähr an der Grenze zwischen sporentragendem und sporenfreiem Teil des Receptaculums. Die Kammerwände des letztern sind hier noch nicht gefaltet, die Pseudoparenchymzellen, aus welchen sie bestehen, sind auch entsprechend kleiner als in Fig. 74. Der Stielwand aussen unmittelbar aufliegend, erkennen wir wiederum *s* als eine durch gelbe Färbung stark hervorstechende Schicht, nur besteht sie hier aus Hyphen, die noch nicht stark angeschwollen sind. Zugleich sieht man, dass diese Schicht nicht den ganzen Raum zwischen Receptaculum und Gleba einnimmt, sondern von letzterer durch ein ziemlich mächtiges lockeres Hyphengeflecht (*b*) getrennt ist. Im Stadium der Fig. 74 ist dasselbe wahrscheinlich durch *b* repräsentiert und stark zusammengedrückt. An der Grenze zwischen dem späteren sporenbedeckten und sporenfreien Receptaculumteil vereinigt sich (bei *w*) die Zone *s* mit der äusseren Kammerwand des Receptaculums.

Fig. 72 stellt einen Schnitt durch ein noch jüngeres «Ei» dar, bei welchem die Kammerwände des Receptaculums noch nicht pseudoparenchymatisch sind, sondern noch aus Hyphenpalissaden bestehen. Im unteren Teile des Receptaculums, unterhalb *w*, sieht man wie gewohnt zwei gegen einander gerichtete Palissaden. Vom Punkte *w* an, der wenig über dem unteren Glebaende liegt, sehen wir von diesen beiden Palissaden die äussere aufhören und an ihre Stelle eine etwas breitere Zone vorwiegend von innen nach aussen gerichteter Hyphen auftreten: es ist dies wieder unsere spätere Schicht *s*. — Bezüglich der Gleba ist beiläufig zu erwähnen, dass die Tramaplatten in diesem Stadium bereits an ihrem Scheitel nicht mehr geschlossen, sondern mit dem Primordialgeflecht in offener Verbindung stehen.

Vergleichen wir jetzt unseren *M. boninensis* mit Rücksicht auf die besprochene Zelllage *s* mit den anderen *Mutinus*arten, so weicht er von *M. Mülleri* dadurch ab, dass nicht das ganze Primordialgeflecht zwischen Receptaculum und Gleba sich in Pseudoparenchym umwandelt, sondern nur eine unmittelbar an ersteres angrenzende Zone; von *M. caninus* dadurch, dass diese Zone nicht b e i d s e i t i g von Hyphenpalissaden abgegrenzt wird. Am meisten Aehnlichkeit besteht auch in diesem Punkt mit *M. bambusinus*, nur ist dort diese dem Receptaculum aufgelagerte Schicht lockerzelliger und weniger auffallend.

II. Systematischer Teil.

Das Folgende enthält Ergänzungen zum systematischen Teile meiner Unters. Phall. Seit der Publikation der letztern habe ich teils neue Formen kennen gelernt, teils neue Standorte von bereits bekannten, endlich konnte ich über manche mir damals zweifelhaft gebliebene Dinge Klarheit erhalten; ausserdem müssen hier auch die verschiedenen seither erschienenen Publikationen descriptiven Inhalts berücksichtigt werden. Zum Schluss sollen dann die Verwandtschaftsverhältnisse der Phalloideen untereinander und mit andern Gruppen noch kurz beleuchtet werden.

Für die Abkürzungen verweise ich auf die Einleitung. Die Exemplare, welche ich selber gesehen, sollen auch im Folgenden mit einem ! bezeichnet werden.

I. Clathrus cibarius (Tul.) Ed. Fischer.

Unters. Phall. pag. 53.

Weiteres Synonym: *Clathrus (Ileodictyon) Tepperianus* Ludwig in Botan. Centralblatt 1890, Bd. XLIII, Nr. 1/2, p. 7. (mit Abbildung).

Berichtigte Diagnose (cf. Entwicklungsgeschichtlicher Teil p. 10) Receptaculum kuglig oder oval, gitterig mit polygonalen Maschen, letztere sehr weit. Gitteräste mehr oder weniger bandförmig (von verschiedener Breite), glatt oder (bei nicht ganz gestreckten Receptaculis) gefältelt oder lokale Einfaltungen zeigend.

Weitere Fundorte: New Zealand und Australien: zahlreiche Exemplare von verschiedenen Standorten (Herb. Kew!, Herb. Berk.!, Herb. brit. Mus.!). — Nortan Summit Australiae meridionalis (Ludwig l. c.!), Neu England (Warburg leg.!). Melbourne (f. gracilis: Reader, Herb. Berol.!). Barossa Range, S. Australien (f. gracilis: Henzenroeder, Herb. Berol.!)

Rabal Hills, Mombaz, East Afrika (Rev. W. E. Taylor. Herb. brit. Mus.!)

Iguarassu, Pernambuko (Ramage, Herb. brit. Mus.!). — Chiloë (Herb. Kew!).

Ueber die beiden als *Cl. gracilis* und *Cl. cibarius* unterschiedenen Formen siehe den entwicklungsgeschichtlichen Teil (p. 10). Auch bei Betrachtung der in den Londoner Sammlungen enthaltenen Exemplare, speciell derjenigen in Herb. Berk., unter denen sich Berkeleys Originalexemplare von *Ileodictyon gracile* befinden, gewann ich die Ueberzeugung, dass die beiden Formen zu vereinigen seien. Freilich kann man wieder Zweifel bekommen, wenn man sehr extreme Formen vor sich hat; so befinden sich z. B. in der Sammlung des britischen Museums in Alkohol aufbewahrt zwei Exemplare, von denen das eine (ohne Standort) dem *Cl. gracilis* entspricht und sehr dünne, glatte, bandförmige Aeste besitzt, während das andere (von Christchurch, N. Zealand), dem *Cl. cibarius* entsprechend, sehr gross ist und grossrunzlige Gitteräste von eher rundlichem Querschnitte besitzt. — Ludwigs *Clathrus Tepperianus* hält zwischen beiden Extremen ungefähr die Mitte und muss daher, sobald man *Cl. gracilis* und *Cl. cibarius* vereinigt, auch hieher gestellt werden, was übrigens Ludwig in einer späteren Publikation selber gethan hat (Contributions on the fungal Flora of Australia. Transact. of the Royal society of South Australia 1891, p. 60). — In Bezug auf die übrigen angeführten Vorkommnisse ist hier nur zu bemerken, dass der Pilz von Rabal Hills nach einer dem Exemplare beigelegten Zeichnung ein ockerfarbenes Receptaculum besass, während dieses ja sonst weiss ist. Dasselbe gilt vielleicht auch für Dr. Warburgs Exemplar. — Dasjenige von Pernambuko zeigte eine auffallende Verlängerung der untern Receptaculummaschen in vertikaler Richtung.

2. Clathrus intermedius nov. spec.?

Receptaculum gitterig, sehr weitmaschig, aber von *Cl. cibarius* dadurch verschieden, dass die Gitteräste zartwandiger sind, einen rundlichen Querschnitt besitzen und ihre Wände leicht wellige, sehr flache Verbiegungen zeigen. Untere Gitteräste vorwiegend vertikal verlaufend (?)

Fundort: Richmond River. Febr. 1890 (Miss A. Edwards, comm. Baron F. v. Müller!).

Von diesem Pilze liegen mir nur Stücke des Receptaculums vor, so dass es noch nicht ganz sicher ist, ob wir es mit einer neuen Art oder nur mit einer Form von *Cl. pusillus* zu thun haben. Die vorliegenden Receptaculumstücke erinnern allerdings in ihrer Form am meisten an *Cl. cibarius*, aber schon im trockenen Zustande wird man gewahr, dass sie viel zartere Gitteräste haben, die trocken papierdünn sind; ferner scheinen diejenigen Gitteräste, welche ich in den mir vorliegenden Fragmenten als die untern Teile des Receptaculums ansah, vorwiegend vertikalen Verlauf und auch eine von den übrigen etwas abweichende Beschaffenheit zu zeigen; das sind Verhältnisse, die sehr an *Cl. pusillus* und *Colus Mülleri* erinnern. Letztere Arten haben aber, wenigstens im oberen Teil des Receptaculums, dichter querrunzlige Gitteräste. Man würde also bis auf Weiteres den vor-

liegenden Pilz als eine Mittelform zwischen *Cl. cibarius* und *Cl. pusillus* anzusehen geneigt sein.

3. Clathrus delicatus Berk. et Br.

Unters. Phall. p. 59.

Clathrus delicatus Berk. et Br. Journ. of the Linnean Soc. Botany Vol. XIV 1875, p. 77.
Ileodictyon minimus B. et. B. in Herb. Broome. (Herb. brit. Mus.)

Receptaculum sehr klein (7—12 Mm. hoch, im frischen Zustande wohl grösser), unten kurz gestielt?, Gitteräste äusserst dünn und zart, glatt und wohl einfach röhrig.

Abbildungen: Taf. I, Fig. 55.
Fundort: Peradeniya, Ceylon. (Berk. et Br. l. c., Originalexemplare in Herb. Berk. und Herb. brit. Mus.!)

Es zeichnet sich diese Art hauptsächlich durch ihre Kleinheit, sowie durch die zarten und dünnen Receptaculumäste aus, welche, soweit man dies nach dem äusseren Aussehen vermuten kann, einfach röhrig sein dürften. Die Reste der Gleba sitzen als kleine Klümpchen den Gitterästen an und zwar besonders an deren Vereinigungsstellen. Bei den Exemplaren, welche ich besichtigte, konnte ich dagegen nicht recht darüber ins Klare kommen, ob die Gitteräste sich nicht, etwa in der Höhe des Volvarandes, zu einem kurzen Stiel vereinigen. Auf alle Fälle schliesst sich der Pilz am nächsten den glattästigen Formen von *Cl. cibarius* an.

4. Clathrus camerunensis Hennings.

Clathrus camerunensis P. Hennings in Mitteilungen aus den deutschen Schutzgebieten II 4 1889, p. 3 und Englers botan. Jahrbücher Band 14, Heft 4, 1891, p. 358.
? *Clathrus parvulus* Bresadola et Roumeguère in Revue mycologique 1890, p. 37.

Receptaculum gitterig, ca. 5 Cm. hoch; im untern Teile sind die Maschen sehr eng, die Balken ziemlich breit und auch aussen deutlich querrunzlig; am Grunde vereinigen sich die letztern in einen ziemlich schmalen Ring[1]), der eine runde basale Oeffnung umgibt. Nach oben werden allmählich die Maschen weit und die Gitteräste sehr dünn, ringsum unregelmässig runzlig, ohne Rückenfurche.

Abbildungen: Taf. I, Fig. 56. — Hennings in Engl. Jahrb. l. c. Taf. VI, Fig. 4.
Fundorte: Kamerun, bei Balimba (J. Braun 1888) (Hennings l. c. Coll. Berol.!) Insel St. Thomae (*Cl. parvulus*. Bresadola et Roumeg. l. c.).

[1]) In Fig. 56 ist derselbe ein wenig zu hoch ausgefallen.

Dadurch, dass das Receptaculum oben und unten ungleich ausgebildet ist, erinnert dieser Pilz an *Cl. pusillus*, doch sind die Gitteräste oben dünner und weniger dicht querrunzlig als bei jener Art; durch den basalen Ring ist die Andeutung eines Stieles gegeben, wodurch der Pilz an *Colus Mülleri*, speciell die Form aus Gippsland (s. unten) erinnert, indes sind bei unserem Pilz die mittleren Gittermaschen nicht so stark vertikal verlängert und die oberen Gitteräste viel dünner und unregelmässig runzlig. *Cl. cancellatus* unterscheidet sich durch die viel massiveren Aeste.

Die Beschreibung von Bresadola und Roumeguère lässt nicht sicher erkennen, ob *Cl. parvulus* wirklich mit *Cl. camerunensis* zu vereinigen sei.

5. Clathrus pusillus Berk. — Colus Mülleri Ed. Fischer. Anthurus Müllerianus Kalchbr.

Unters. Phall. pp. 54, 61, 67.

Seit der Veröffentlichung meiner Unters. Phall. hatte ich Gelegenheit, mehrere Exemplare zu untersuchen, die in den Bereich der als *Clathrus pusillus* Berk., *Colus Mülleri* Ed. Fischer und *Anthurus Müllerianus* Kalchbr. beschriebenen Arten gehören und zeigen, dass zwischen denselben eine kontinuierliche Uebergangsreihe sich zusammenstellen lässt. Es sind das folgende Formen:

1. Form von Burnetts District, Queensland (leg. D. R. Clerk. Herb. brit. Mus.!). Dem Exemplar fehlt allerdings der oberste Teil des Receptaculums, immerhin erkennt man aber, dass das letztere demjenigen von *Cl. pusillus* und *Colus Mülleri* am ähnlichsten ist. Mit letzterem stimmt es durch den Besitz eines Stieles überein, welcher sich nach oben in mehrere unten glatte, oben querrunzlig werdende Arme teilt. Die Gesamtform ist etwas schlanker als dort, und soweit man sehen kann sind die untern, vertikal verlaufenden Receptaculumäste durch Querbalken unter einander verbunden.

2. Exemplar von Gippsland (erhalten von Herrn Baron F. von Mueller!). Es hatte dieses Exemplar keine Volva mehr, und das Receptaculum war im obern Teile verletzt. Das Receptaculum besteht aus einem sehr kurzen, unten zugespitzten, nach oben konisch sich erweiternden Stiel von $^1/_2$—1 Cm. Höhe. Dieser teilt sich oben in 6 in meridionaler Richtung verlaufende Arme, doch gehen dieselben nicht ganz in gleicher Höhe ab (insbesondere sind zwei derselben noch 1 Cm. weit mit einander verbunden). Oben anastomosieren diese Aeste mit einander, wodurch einige Maschen gebildet werden, doch sind diese weniger zahlreich, als bei dem in Fig. 38 meiner Unters. Phall. abgebildeten *Colus Mülleri*; indes liessen sich die diesbezüglichen Verhältnisse wegen der Laesion des Exemplars nicht ganz genau feststellen. Der kurze Stiel hat «stielartige»[1] Beschaffenheit, und diese Be-

[1]) Für die Erklärung dieses Ausdruckes s. Unters Phall. p. 14.

schaffenheit setzt sich auch in einem schmalen Bande ein kurzes Stück weit auf dem Rücken der Aeste fort. Oben dagegen sind die Arme ringsum querrunzlig, ohne deutliche Rückenfurche. Wir haben es mit andern Worten hier zu thun mit einem *Colus Mülleri*, der einen sehr kurzen Stiel und am Scheitel weniger zahlreiche Maschen besitzt.

3. *Colus Rothae.* Exemplare von Brisbane, im Herb. Kew! sub Nr. 784 mit der Bezeichnung *Clathrus triscapus* und *Anthurus Rothae.* Man kann diese Form kurzweg bezeichnen als einen kurz gestielten *Colus Mülleri* mit nur drei vertikal verlaufenden Receptaculumästen. Die letztern sind, soviel ich annehmen kann, mehrkammerig; an ihrer Verbindungsstelle am Scheitel sind sie ausserordentlich dünn, im grössten Teil ihres Verlaufes runzlig, rot gefärbt; in ihrem untersten Teile werden sie glatt (resp. längsgefurcht) und gelb gefärbt. An ihrer Basis treten sie zu einem sehr kurzen Stiel zusammen, der entweder gar nicht oder nur sehr wenig über die Volva vorragt.

4. Exemplar von Moonau Brooh. N. S. Wales (im Herb. Kew! unter der Bezeichnung *Laternea triscapa*). Von der vorangehenden ist diese Form eigentlich nur dadurch verschieden, dass die Receptaculumäste am Scheitel nicht mehr verbunden sind; ausserdem besitzen sie bis ziemlich weit hinunter eine Rückenfurche. Es leitet also dieser Pilz direkt über zu *Anthurus Müllerianus aseroëformis*, und das um so mehr, als ich den einen der untersuchten Receptaculumäste mit zwei Zipfeln endigen sah. Allerdings zeigt die Stielmündung nicht die dort vorhandene trichterförmige Erweiterung und die reliefartig vorspringenden Armbasen. Am besten stellt man also diesen Pilz als dreiarmige und sehr kurzstielige Form zu *Anth. Müllerianus aseroëformis.* Eine ebensolche, aber fünfarmige Form ist wohl auch *Anthurus Archeri* Berk. (s. Unters. Phall. p. 72).

5. Es scheinen auch Formen vorzukommen, deren Receptaculum bei sonstiger Uebereinstimmung mit obigen Formen und speciell mit *Cl. pusillus*, aus zwei oder drei meridional verlaufenden Armen besteht, die unten nicht zu einem Stiel verbunden sind. Zu diesen dürfte z. B. gehören die Turpinsche *Laternea triscapa* mit drei Armen, sowie die zweiarmige *Laternea pusilla* B. et C., bei welchen, soweit ich aus Beschreibungen und Abbildungen resp. Originalexemplaren in Herb. Berk. ersehen kann, die Receptaculumäste viel weniger massiv zu sein scheinen, als bei *Cl. cancellatus*; ferner scheinen bei denselben die Receptaculumäste unten gelb oder weiss, oben dagegen runzlig und rot zu sein. — Ferner gehören hieher vielleicht auch Fragmente von Exemplaren, welche ich von Herrn Baron Ferd. v. Mueller erhielt; sie stammten aus Australien (Müllersdorf, gesammelt Juli 1889) und deuteten auf Formen mit drei oben verbundenen Receptaculumästen, vielleicht sogar mit drei oben freien Armen ohne Stiel. Indes sind alle diese Angaben und Beobachtungen zu fragmentär, um weitere Schlüsse darauf zu bauen.

6. Clathrus crispus Turpin.

Unters. Phall. p. 55.

Als weitere Standorte sind noch anzuführen: Montego Bai, Jamaica (comm. Dr. M. Catty, Herb. Kew!). Vera Cruz (comm. Sallé, Herb. Brit. Mus.!)

7. Clathrus crispatus Thwaites in Sched.

Clathrus cancellatus Berk. in London Journal of Botany, Vol. VI 1847, p. 512.

Receptaculum gitterig, ohne Stiel; die Maschen des Gitters gerundet, gegen den Scheitel kleiner werdend, ohne querrunzligen wulstigen Rand.

Fundorte: Hautane, Ceylon bei c. 4000′ Höhe. Aug. 1859. Thwaites. (Berk. l. c. Herb. Kew! und Herb. Berk.!). — Myrong, Khasia? (unvollkommene Fragmente, die eine sichere Bestimmung nicht zulassen, in Herb. Berk.!). — Merida, Jucatan? (Exemplare von Schott, in Herb. brit. Mus.! Es sind das kleinere Exemplare, die aber, was mit dem Fundort besser stimmen würde, vielleicht eher zu *Cl. crispus* zu stellen sind?)

Alle vorliegenden Exemplare befinden sich in mehr oder weniger fragmentärem Zustande. Soweit man es aber erkennen kann, handelt es sich hier um eine besondere Art, die zwischen *Clathrus cancellatus* und *Cl. crispus* die Mitte hält: in Uebereinstimmung mit *Cl. crispus* sind die Receptaculummaschen gerundet uud nehmen nach oben an Grösse ab, anch dürften die Aeste eher flach und dünn und nicht so massiv ausgebildet sein als wie bei *Cl. cancellatus.* Dagegen konnte ich an den Receptaculummaschen den querrunzligen Rand, der für *Cl. crispus* so charakteristisch ist, nicht finden, es dürfte somit die Sporenmasse mehr auf die Innenseite des Receptaculums beschränkt gewesen sein. Eines der Exemplare in Herb. Kew ist von Thwaites' Hand als *Cl. crispatus* bezeichnet und ich behalte diesen Namen hier bei. Freilich sind Untersuchungen an besserem Materiale nötig, um festzustellen, ob wirklich eine gute Art vorliegt.

8. Clathrus cancellatus Tournef.

Unters. Phall. p. 55.

a. Berkeleyi.

Wie bereits oben erwähnt wurde, scheint der von Berkeley und Curtis (Journ. of Linnean Soc. Botany X 1869, p. 343) als *Laternea pusilla* (= *Clathrus Berkeleyi* Gerard

in litt. Ed. Fischer in Saccardo Sylloge VII 1 1888, p. 18) beschriebene Pilz nicht zu *Cl. cancellatus* zu gehören, sondern eher vielleicht eine zweiarmige Form des *Cl. pusillus* darzustellen. Dagegen ist die Form aus Blumenau entschieden zu *Cl. cancellatus* zu ziehen.

b. brasiliensis.

Turpins *Laternea triscapa* scheint, wie bereits oben erwähnt wurde, eine dreiarmige Form des *Cl. pusillus* zu sein und wird somit von den dreiarmigen *Cl. cancellatus* getrennt werden müssen. Möglicherweise gilt dasselbe von der von Berkeley in Intell. Observer IX 1886 abgebildeten Form, über die ich auch jetzt noch nichts Bestimmtes aussagen kann, da ich nur die Originalzeichnung, nicht aber Exemplare gesehen habe.

c. columnatus.

Im Herb. Kew befindet sich ein Exemplar aus Brasilien (Glaziou)!.

f. typicus.

Die Angaben des Vorkommens von *Cl. cancellatus* in Ceylon und Indien beziehen sich wohl auf *Cl. crispatus*; für einen Fall habe ich dies, wie oben erwähnt wurde, an der Hand von Exemplaren konstatieren können. — Dagegen befinden sich im Museum des botanischen Gartens in Kew in Alkohol aufbewahrte Exemplare aus dem tropischen West-Afrika (Mr. Gust. Mann)! und N. Zealand (Colensó)!, welche ich zwar nicht näher untersuchte, die aber, soweit ich es erkennen konnte, mit *Cl. cancellatus* übereinstimmten. Bei dem erstgenannten Exemplar sind freilich am Scheitel des Receptaculums die Maschen viel kleiner, die Aeste dünner. — In der Sammlung des Berliner Museums befindet sich in Alkohol ein Exemplar des *Cl. cancellatus* von Porto Rico!; ferner im Herb. Berol. ein solches von S. Domingo!, das vom Typus durch relativ dünne Receptaculumäste, sowie dadurch abweicht, dass scheitelwärts die Maschen kleiner werden und etwas gerundet sind.

9. Simblum sphaerocephalum Schlechtend.

Unters. Phall. p. 59.

Unter dem Namen *Simblum brasiliense* befinden sich im Herb. Berk.! hieher gehörige Exemplare aus der Umgegend von Rio de Janeiro.

Im Herb. Berol. liegt aus Uruguay ein von Spegazzini als *S. gracile* bezeichnetes *Simblum*!, das ich ebenfalls als ein *S. sphaerocephalum* betrachte.

10. Simblum periphragmoides Klotzsch.

Unters. Phall. p. 61.

Weiteres Synonym: *Simblum gracile* Berk. in Hooker London Journal of Botany V 1846, p. 535 und VI 1847, p. 512.

Fundorte: Mauritius (Hooker Botanical Miscellany 1831 Vol. II, p. 164. — Herb. Kew!) — Ceylon (Berk. l. c. Herb. Kew! Herb. brit. Mus.! [S. gracile]). — Tjiliwong b. Buitenzorg, Java, auf Bambusastrünken (Exemplar und Skizze von Kurtz in Herb. Berk.!). — Bei Subpore, Calcutta (Zeichnung von Kurtz in Herb. Berk.) — Ke So, Tonkin (leg. Pater Bov, comm. Patouillard).

In Herb. Kew resp. Berk. befinden sich: das Originalexemplar von Berkeleys *S. gracile*, Skizzen und Exemplare von Mauritius (wahrscheinlich Originalexemplare von Klotzschs *S. periphragmoides*), Java (Originalexemplar und Skizze von Kurtz's *S. flavescens*) und Calcutta, aus deren Betrachtung sich mir die Ueberzeugung ergab, dass es sich hier überall um dieselbe Species handelt. Bei dem Originalexemplar von *S. gracile* zeigt sich keine so scharfe Abgrenzung des gitterigen Teiles vom Stiel, wie man sie nach der Abbildung Berkeleys vermuten sollte.

11. Colus hirudinosus Cav. et Séch.

Unters. Phall. p. 63.

Weiterer Fundort: Bei Sochia im Meander Thal, Kleinasien. (Coll. brit. Mus.!)

12. Colus Gardneri (Berk.) Ed. Fischer.

Unters. Phall. p. 64.

Im Herb. Berk. und Herb. Kew befinden sich zahlreiche Exemplare dieses Pilzes, sämtlich aus Ceylon. Ich konnte an einzelnen derselben mit Sicherheit feststellen, dass die Receptaculumarme in der That am Scheitel verbunden sind; allerdings ist das verbindende Stück ausserordentlich dünn. Es ist freilich nicht ausgeschlossen, dass auch Exemplare vorkommen, bei denen die Arme frei endigen. Es ist ferner für diese Art als charakteristisch hervorzuheben, dass der unterste Teil der Arme sporenfrei und dementsprechend nicht querrunzlig ist.

13. Anthurus australiensis (Cooke et Massee).

Mutinus sulcatus Cooke et Massee Grevillea XVII Nr. 83 1889, p. 69.
Lysurus australiensis Cooke et Massee Grevillea XVIII 1889, p. 6.

Receptaculum bestehend aus einem weissen Stiel, der sich an seinem Scheitel in 5—6 Arme teilt. Die letzteren sind zugespitzt, gerade aufgerichtet oder nach oben etwas ausgebogen; sie sind ringsum querrunzlig mit Ausnahme einer schmalen, medianen Rückenrinne, die sich nach unten direkt in den Stiel fortsetzt. Die runzlige Beschaffenheit setzt sich auch in der Bucht zwischen je zwei benachbarten Armen fort. Die Stielmündung ist nicht verengt. Die Sporenmasse nimmt den Raum zwischen den Armen ein, erstreckt sich aber auch auf deren Aussenseite bis zur Rückenfurche.[1])

Abbildung: Taf. I, Fig. 57.
Fundorte: Yarra-Yarra, Port Phillip, Australien (Exemplare erhalten von Herrn Baron F. v. Mueller!). Brisbane (Cooke et Massee l. c. Herb. Kew!).

Obige Beschreibung ist wesentlich nach Exemplaren entworfen, welche ich von Hrn. Baron F. v. Mueller erhielt, und welche sich nach Aufweichen noch genau untersuchen liessen. Wie ich mich im Herb. Kew überzeugte, gehören sie zur gleichen Art, auf welche Cooke und Massee ihren *Lysurus australiensis* gründeten. Freilich variiert die Grösse der Exemplare, und auch die Länge der Arme schwankt von 1 Cm. bis 3 oder mehr. Der Stiel ist weiss; an den aufgeweichten Exemplaren war er zu oberst etwas eingeschnürt, wodurch die durch die runzlige Beschaffenheit bedingte scharfe Abgrenzung der Arme noch mehr hervortrat; über die Farbe der Arme nach Entfernung der Sporenmasse habe ich keine Angabe; es sind dieselben auf dem Querschnitte (ob an allen Stellen?) mehrkammerig. Die Sporen haben 4 μ Länge, 2 μ Durchmesser.

Am nächsten steht *Anthurus australiensis* dem *Anthurus Stae. Catharinae*, *Anthurus argentinus*[2]), *Anthurus Clarazianus*[2]) und dem *Anth. Woodi.* Mit der einen oder andern dieser Arten, speciell mit *A. argentinus* oder *A. Clarazianus* ist er vielleicht sogar zu identificieren. Von *Lysurus Mokusin* unterscheidet er sich durch die Lage der Gleba.

[1]) Daher sind anfangs die Receptaculumarme durch die Sporenmasse versteckt und so ist es auch erklärlich, dass Cooke und Massee solche Exemplare zuerst für einen Mutinus hielten.

[2]) Nach den auf pag. 6 gemachten Bemerkungen müssen diese bisher zu Lysurus gezählten Arten nun Anthurus heissen.

14. Lysurus Clarazianus Müller Arg.

Unters. Phall. p. 65.

Lysurus Clarazianus Müll. Arg., ebenso wie auch *Lysurus Argentinus* Speg. sind zu *Anthurus* zu stellen, da wir oben (pag. 8) den Namen *Lysurus* auf diejenigen Formen beschränkt haben, deren Receptaculumlappen an ihrer Innenseite glebafrei sind.

15. Anthurus Woodi Mac Owan.

Unters. Phall. p. 67.

Kalchbrenners Originalexemplare dieser Art liegen im Herb. Berol.! Das eine derselben hat breite Receptaculumlappen, entsprechend der von Kalchbrenner[1]) gegebenen Abbildung, nur mit dem Unterschiede, dass die Gleba (soweit es sich noch erkennen liess) auch auf die Aussenseite der Lappen reicht und nur einen medianen Längsstreifen frei lässt. Ein anderes, kleineres Exemplar ist analog, nur sind die Arme schmaler und mehr zugespitzt und erinnern dadurch sehr an diejenigen von *A. Stae. Catharinae.* Auch im Herb. Kew.! befindet sich aus Natal (comm. Wood) ein kleineres Exemplar mit sehr zugespitzten Lappen.

Nach dem Gesagten dürfte es vielleicht angezeigt sein, *A. Stae. Catharinae* und *A. Woodi* zu verschmelzen.

16. Lysurus Mokusin (Cibot.) Fries.

Unters. Phall. p. 66.

Weiterer Fundort: Wälder von Ma-eul-chan, Yunnan (Patouillard in Revue Mycol. No. 47, Jul. 1890!).

Nach den im entwicklungsgeschichtlichen Teile dieser Arbeit gemachten Auseinandersetzungen ist *L. Mokusin* gegenwärtig der einzige bekannte typische *Lysurus.* Seiner Beschreibung ist noch beizufügen: Gleba den beiden Aussenflächen der Receptaculumlappen aufliegend, während die Innenfläche glebafrei ist.

---

[1]) Phalloidei novi vel minus cogniti Tab. III, Fig. 2.

17. Aseroë rubra La Billardière.

Unters. Phall. p. 72.

a. typica.

Weitere Fundorte: Tingiringi (Grenze v. Victoria und New Süd-Wales leg. Bäuerlen, comm. Baron F. v. Mueller!). — Aucland (The botany of the antarctic voyage of H. M. discovery ships Erebus and Terror. II Flora Novae Zelandiae Part 2 1855, p. 187, doch da ich weder Abbildung noch Exemplare gesehen, nicht ganz sicher ob diese Var.). — Brisbane (Bailey, Herb. Kew!).

Weitere Abbildungen: Taf. II, Fig. 60.

Von Interesse ist besonders das ersterwähnte Exemplar von Tingiringi (Taf. II Fig. 60) und zwar aus dem Grunde, weil es sich *Anthurus* noch mehr zu nähern scheint als die La Billardière'schen Exemplare der *A. rubra typica.* Freilich war dasselbe nur unvollkommen erhalten. Der Stiel ist nach oben sehr stark trichterförmig erweitert und geht an seiner Aussenseite, ohne seine Beschaffenheit zu ändern, ganz allmählig in die Arme über, welche zudem nicht horizontal ausgebreitet sind. An der Innenseite ist diese trichterförmige Erweiterung und die Armbasis bis zur Gabelungsstelle grobrunzlig, aber es hat hier diese grobrunzlige Partie keinen vorspringenden, die Stielmündung einschnürenden Saum. Arme sind nur 2—3 erhalten geblieben; diese sind kurz und gabeln sich erst über der Hälfte in zwei kurze Zipfel.

b. pentactina.

Syn.? *A. corrugata* Colenso. A further contribution towards making known the Botany of New Zealand. Transact. New Zealand Institute Vol. 38 1883, p. 362. S. auch Saccardo Sylloge Fungorum, Vol. IX Supplementum universale Pars I 1891, p. 265.

Weitere Fundorte: Tingiringi (Grenze von Victoria und N. S. Wales (leg. Bäuerlen, comm. Baron F. v. Mueller!). — Genoa-River, Australien (comm. Baron F. v. Mueller!). — Ein Exemplar von Mount Dromedary (Reader 1880, comm. F. v. Mueller. Herb. Berol.!) dürfte ebenfalls zu *f. pentactina* gehören (?). — Neu England (Herb. Berk.!) (hieher oder zu *f. typica* zu stellen). — South Port (Herb. Kew! sub nom. *Aseroë polyactina*). — New Zealand (Capt. Stocke, Coll. brit. Mus.!). — Te Aute, Hawkes Bay (Colenso l. c. sub nom. *A. corrugata*). — N. Zealand (Sinclair, Herb. Berk.!). — Auckland (Herb. Berk.!). — Hohitaki und Winton, New Zealand (Herb. Kew!, nicht ganz sicher ob hieher zu stellen).

Weitere Abbildungen: Taf. I, Fig. 53, Taf. II, Fig. 58 und 59.

c. ceylanica.

Weiterer Standort: Closerie des Quinquinas sur le mont Bavi, Tonkin (Patouillard, Contributions à la flore mycologique du Tonkin. Journal de Botanique 1890, p. 53. Es zeigten nach Patouillard diese Exemplare 18 nicht paarweise genäherte Receptaculumarme.

18. Kalchbrennera corallocephala (Welw. et Curr.) Kalchbr.

Unters. Phall. p. 78.

Weitere Fundorte: Sutterheim in der Kap-Kolonie (Magnus in Sitzungsber. der Gesellsch. naturforschender Freunde zu Berlin 1890, Nr. 3, p. 44). — Magomero im Zambesigebiet (Dr. Müller, nach einer im Herb. Kew aufbewahrten Zeichnung). — Die übrigen, in den Herb. Kew, Herb. Berk., sowie im Herb. Berol. enthaltenen Exemplare (!) stammen von den bereits in Unters. Phall. genannten Lokalitäten.

Die Skizze des Exemplars von Magomero ist zwar offenbar sehr ungenau, lässt aber doch darauf schliessen, dass es sich um eine Form mit auffallend langen Korallenästen handelt. — Trotz Magnus' (l. c.) Bedenken möchte ich vorderhand an der Vereinigung von *Kalchbr. Tuckii* und *corallocephala* festhalten; in der That hat aber dabei der Name *K. corallocephala* die Priorität.

Durch die obenbesprochene Untersuchung von Eistadien des *Simblum periphragmoides* wird die schon früher (Unters. Phall. p. 22) von mir angedeutete Verwandtschaft von *Kalchbrennera* und *Simblum* noch deutlicher ins Licht gestellt: bei *S. periphragmoides* sind, wie wir gesehen haben, die Gitteräste ziemlich weit in die Gleba eingesenkt, bei *Kalchbrennera* erscheinen sie ganz an die Innenseite derselben gerückt, dann aber allerdings durch die korallenartigen Fortsätze mit der Aussenseite in Verbindung stehend. — Man darf daher wohl unbedenklich *Kalchbrennera* mit den *Clathreae* in nähere Verbindung bringen, ja sogar unter dieselben subsummieren.

19. Dictyophora phalloidea Desvaux.

Unters. Phall. p. 79.

Weitere Synonyme:

Dictyophora nana Berk. in Grevillea XI, p. 39 (s. Unters. Phall. p. 84).

Dictyopeplos elegans v. Kuhl an v. Hasselt (Herb. Berk.) cf. Corda Icones fungorum V p. 73.

Dictyophora merulina Berkeley. Intellectual Observer IX 1866 und Journal of Linnean society Botany Vol. XIII 1873, p. 172 (s. Unters. Phall. 84).

Dictyophora Braunii P. Hennings in Jahrb. des botan. Museums zu Berlin 1890. S. auch Saccardo Sylloge Fungorum Vol. IX 1891, p. 262. (Später aber hat Hennings diese Art zurückgezogen: Englers Jahrb., Bd. 14, Heft 4, 1891, p. 358).

Weitere Fundorte: (Vorkommnisse, die ich in Unters. Phall. nur aus der Litteratur angeführt hatte, aber seither selber sehen konnte, sind im Folgenden auch mit aufgenommen).

Afrika: Kamerun (coll. Berol.!) (= untenstehende Var. *a* und *d*), im Walde von Gr. Batanga (Hennings in Englers bot. Jahrb. l. c.), bei der Barombistation (Hennings l. c.). — Angola: Golungo Alto (Herb. brit. Mus.! unter dem Namen *Phallus aequinoctialis* Welwitsch). — Aburi (Brief von Dr. Fisch an Dr. H. Christ in Basel). — Rim Kerrima, Ost Afrika (Zeichnung in Herb. Kew). — Inanda, Natal (Herb. Kew!).

China: Bei Canton (Herb. brit. Mus.!), — Nord-China (Coll. brit. Mus.!). — Tonkin: Am Wege von Fu-Phap nach Bat-Bac (Patouillard. Journ. de Botanique 1890, p. 54, unter dem Namen *D. Daemonum*), Closeric des Quinquinas sur le mont Bavi, Fu-Phap u. a. (Patouillard l. c. als *D. phalloidea* Desv. var. *campanulata* bezeichnet.)

Japan: Morikawa (Photographie in Herb. Kew!).

Indien und Ostindisches Archipel: Borneo: Habuan (Coll. british Mus.!) — Sumatra (Coll. Berol.!). — Philippinen (Herb. brit. Mus.!): Süd-Mindanao nahe Davao (Warburg!) (Uebergangsform zwischen untenstehenden Var. *b* und *c*). — Andaman Inseln (Herb. Berk.!, unter der Bezeichnung *Dictyophora nana* Berk.). — Ostindien (Herb. brit. Mus.! unter der Bezeichnung *Phallus indicus*): Goodalow (S. Indien) (Herb. Kew!). — Ceylon (Herb. Kew! Herb. Berk.! Herb. brit. Mus.!).

Neu Guinea: Gogol, leg. Lauterbach (Coll. Berol!. = var. *b*.).

Australien: Brisbane (Herb. Kew! unter der Bezeichnung *D. Tahitensis*, Zugehörigkeit zu *D. phalloidea* nicht ganz sicher). — Endeavour River (Herb. Kew! unter dem Namen *D. speciosa*).

N. Amerika: Cordova, Mexico (Herb. Kew! Herb. brit. Mus.!).

West Indien: Cuba (Herb. Berk.!). — Friendship Valley, St. Vincent (Massee, Journal of Botany Vol. XXX 1892, p. 197).

S. Amerika: Maypures am Orinoco (Herb. Berk.!). — Massarounce, British Guyana (Herb. Kew!). — Rio Janeiro (Herb. Kew!). — Rio Sabanillo, Ecuador bei 7500′ (comm. Massee!).

Es scheint somit *D. phalloidea* Desv. eine in den warmen Zonen äusserst verbreitete Pilzform zu sein. Wie ich bereits in meinen Unters. Phall. hervorhob und wie ich es auch

bei Besichtigung zahlreicher weiterer Exemplare bestätigt fand, zeigt dieser Pilz ziemliche Verschiedenheiten in Bezug auf die Beschaffenheit des Hutscheitels, die Höhe, Grösse und Form des Hutes, sowie den Verlauf der Netzleisten des letztern, ferner in Bezug auf die Weite der Indusiummaschen und in Bezug auf Grösse und Farbe des ganzen Receptaculums. Es sind das Verschiedenheiten, bei denen es im konkreten Falle oft schwer ist, zu entscheiden, ob wir es nur mit Folgen des ungleichen Konservierungszustandes (trockenes Material oder Alkoholexemplare) oder mit individuellen Variationen oder mit konstanten Speciescharakteren zu thun haben. Wollte man letzteres annehmen, so müsste man fast für jedes Standortsvorkommen eine neue Species machen, da Exemplare verschiedener Standorte gewöhnlich irgendwelche Verschiedenheit zeigen. Möglicherweise liegen hier ähnliche Verhältnisse vor, wie bei den Clathreae mit ihrer schönen Uebergangsreihe (s. Schlussabschnitt), doch wage ich an der Hand des mir vorliegenden Materials hier keinen definitiven Schluss: ein solcher wird, soweit er überhaupt ohne Kulturen möglich ist, erst dann gezogen werden können, wenn viel umfangreicheres Alkoholmaterial vorliegt. Ich erachte es daher auch jetzt noch für zweckmässig, alle von früheren Autoren beschriebenen Arten als *D. phalloidea* zusammenzufassen, aber dann obigen Verschiedenheiten durch Ausscheidung einiger Varietäten Ausdruck zu geben. Das Material, welches ich seit Abschluss meiner Unters. Phall. durchgesehen (besonders die Alkoholexemplare des berliner Museums) veranlasst mich, die damals schon unterschiedenen Varietäten noch zu vermehren, indem ich von der var. *campanulata* zwei weitere Formen abtrenne. Wir können daher jetzt folgende Varietäten unterscheiden:

1. *Varietäten ohne Kragen am Hutscheitel.*

a. var. *Guyanensis* n. var. Netzleisten des Hutes sehr niedrig, fast nur wie Falten des Hutes aussehend, nach dem Hutscheitel hin sich meistens allmählich abflachend. Netzmaschen gegen den untern Hutrand hin in die Länge gezogen. — Hieher gehört das Exemplar Nr. 172 von Melinon (s. meine Unters. Phall.), ferner eines der oben erwähnten Exemplare aus Kamerun.

b. var. *Lauterbachii* n. var. Netzleisten des Hutes niedrig, an der Kante gerundet, einen hin- und hergebogenen Verlauf zeigend, was zur Folge hat, dass die von ihnen begrenzten Maschen unregelmässige Form zeigen; im untersten Teil des Hutes sind die Maschen verlängert. — Hieher ein von Lauterbach in N. Guinea gesammeltes Exemplar im Berliner Museum; ein von Warburg in Mindanao gesammeltes stellt eine Uebergangsform gegen var. *campanulata* dar.

c. var. *campanulata*. Netzleisten des Hutes ziemlich hoch, scharfkantig (oder mitunter vielleicht auch an der Kante gerundet), erst ganz am Scheitel aufhörend; Netzmaschen polygonal (von geradlinigen Leistenstücken begrenzt), gegen den untern Hutrand hin nur wenig verlängert. — Hieher die von Solms in Java gesammelte Form.

2. Varietäten mit Kragen oder wulstförmigem Ring am Hutscheitel.

d. var. *typica* }
e. var. *duplicata* } s. Unters. Phall.
f. var. *Farlowi* }

20. Dictyophora multicolor Berk. et Broome.

Unters. Phall. p. 84.

Dictyophora multicolor ist, wie ich mich an dem im Herb. brit. Mus. aufbewahrten Originalexemplar überzeugen konnte, von *D. phalloidea* sehr verschieden. Besonders charakteristisch ist die eng mützenförmige Gestalt des Hutes. Letzterer zeigt ferner eine enge Netzskulptur, welche gegen den untern Rand hin etwas undeutlicher wird, indem die Netzleisten stark wellig verbogen sind und kleine Auszweigungen in die Maschen entsenden.

Zur gleichen Art gehören vermutlich auch Exemplare aus Brisbane, welche in Herb. Kew! aufbewahrt sind, doch unterscheiden sie sich durch die weisse Farbe von Stiel und Indusium, durch geringere Gesamthöhe des Hutes, vielleicht auch durch gröbere Skulptur des letzteren.

21. Ithyphallus impudicus (L.)

Unters Phall. p. 84.

Im Herb. Kew befindet sich unter der Bezeichnung *I. impudicus* ein *Ithyphallus*, von Fringilburra Creek in Queensland (gesammelt v. Bailey)!, der sich vom europäischen *I. impudicus* dadurch zu unterscheiden scheint, dass der Hut etwas mehr weitglockig und die Netzskulptur des Hutes unregelmässiger ist als dort. Untersuchung an besserem Material muss darüber Auskunft geben, ob es sich hier um eine besondere Art handelt. Sonst ist *I. impudicus* meines Wissens aus Australien nicht bekannt.

22. Ithyphallus tenuis Ed. Fischer.

Unters. Phall. p. 85.

Im Herb. Berk. und im Herb. brit. Mus. befinden sich unzweifelhaft zu *I. tenuis* gehörige Exemplare aus Ceylon. Diejenigen im Herb. Berk. tragen die Bezeichnung *Phallus pallidus* B. Da aber, so viel ich weiss, Berkeley diese Art nirgends publiciert hat, so bleibt der Name *I. tenuis* zu Recht bestehen.

23. Ithyphallus quadricolor (Berk. et Br.) und Ithyphallus calyptratus (Berk. et Br.)

Unters. Phall. p. 86.

Die Originale dieser beiden Arten liegen im Herb. brit. Mus. (!), indes konnte ich aus denselben nicht viel mehr entnehmen als das, was bereits aus den Beschreibungen von Berkeley und Broome hervorgeht, insbesondere bleibt die Identität beider Arten noch zweifelhaft. Bei *I. quadricolor* stellte ich fest, dass der Hut (unweit vom Scheitel) pseudoparenchymatische Beschaffenheit besitzt.

24. Ithyphallus Ravenelii (B. et C.)

Unters. Phall. p. 86.

Weiteres Synonym: *Ithyphallus cucullatus* Patouillard in Journal de Botanique 1890, p. 198, mit Abbild.

Zu der in meinen Unters. Phall. gegebenen Beschreibung habe ich hier Weiteres nicht beizufügen als dasjenige, was bereits oben p. 15 ff. besprochen wurde.

L. c. beschreibt Patouillard als neue Art einen *I. cucullatus* von Cambridge (Mass.) stammend und ausgezeichnet durch einen vom Scheitel des Stieles abgehenden kurzglockigen Auswuchs des Receptaculums, welcher den obern Teil der Sporenmasse kappenartig überwölbt. Durch Hrn. Patouillards Freundlichkeit wurde es mir ermöglicht, das betreffende Originalexemplar zu untersuchen; dabei kam ich aber zum Resultate, dass besagte Kappe der vom Receptaculum emporgehobene Volvascheitel sei. Dieses Emporheben des obern Teiles der Volva ist nun eine Erscheinung, welche bei mehreren Arten gelegentlich vorkommt, aber als Artmerkmal nicht zu verwenden ist. *I. cucullatus* muss somit zu *I. Ravenelii* zurückkehren. Dieselbe Ansicht äusserte auch Farlow brieflich mir gegenüber.

Vielleicht gehört auch Cragins *Phallus purpuratus* (Bull. of the Washburn College laboratory of nat. hist. Vol. I 1885, p. 34) zu *I. Ravenelii*, doch kenne ich nur die Beschreibung, welche kein hinreichend sicheres Urteil hierüber zulässt.

25. Ithyphallus Müllerianus (Kalchbr.)

Unters. Phall. p. 87.

Omphalophallus calvescens Kalchbr. in Sched. (Herb. berol.)
Omphalophallus Müllerianus Kalchbr. Flora 1883, p. 95.

Omphalophallus retusus Kalchbr. Gasteromycetes novi vel minus cogniti 1884, p. 6.
Ithyphallus retusus (Kalchbr.) Ed. Fischer. Vers. einer systemat. Uebersicht der Phalloideen p. 49 und in Saccardo Sylloge Vol. VII 1, p. 11.

Ziemlich grosse, kräftige Form. Stiel gleichmässig dick, oben mit sehr weiter Mündung (?) und nach aussen ausgebogen. Hut glockig oder tonnenförmig mit sehr weit in die Sporenmasse vorragenden, ganz unregelmässigen Vorsprüngen.

Abbildung: Kalchbrenner, Gasteromycetes novi vel minus cogniti Tab. II, Fig. 1.
Fundorte: Mossgiel, N. S. Wales, leg. Bennett, Febr. 1882 (Herb. Berol.! cf. Kalchbrenner in Flora 1883, p. 95). — Illawara N. S. Wales (Kalchbr. Gasterom. novi p. 7).

Von dieser Art befinden sich teils als *Omphalophallus calvescens*, teils als *O. Müllerianus* bezeichnet, drei Exemplare im Herb. Berol.! Dieselben stammen aus Winters Herbarium und letzterer hatte sie von Kalchbrenner; wir haben es somit zu thun mit den Originalexemplaren von Kalchbrenner und zwar denjenigen, die dessen Notiz in Flora 1883 zu Grunde lagen. Der in Gasteromycetes novi vel minus cogniti beschriebene *Omph. retusus* ist aber, soweit man aus Beschreibung und Figur schliessen kann, ebenfalls hieher zu ziehen.

Alle drei untersuchten Exemplare zeigen die Erscheinung, dass der obere Teil der Volva mit dem Receptaculum emporgehoben wurde und dem Hute aufsitzt, so dass man den Scheitel des letztern nicht untersuchen kann. An dem einen derselben, welcher längs aufgeschnitten ist, erkennt man indes noch — wenn auch nicht mehr deutlich —, dass die Stielmündung sehr weit und mithin der Hutscheitel sehr breit gewesen sein muss. Die Membran, welche in Kalchbrenners Zeichnung die Mündung verschliesst, ist nichts anderes als die Volva. — Bei dem besterhaltenen Exemplar zeigt der Hut einen auffallend unregelmässigen untern Rand, der stellenweise tief eingebuchtet ist, so dass die Höhe des Hutes an gewissen Stellen 4, an andern nur 2 Cm. beträgt. Diese Unregelmässigkeit tritt auch an der Kalchbrennerschen Abbildung sehr deutlich hervor, es ist aber nicht gesagt, dass sie an allen Exemplaren vorkommt. — Der Hut war in den mir vorliegenden Exemplaren überall noch mit Gleba bedeckt und liess daher seine Skulptur nicht gut erkennen: Querschnitte zeigten, dass es sehr unregelmässige pseudoparenchymatische Vorsprünge sind, die tief in die Gleba vorspringen und nicht netzig, sondern unregelmässig — dem Typus der Rugulosi entsprechend — angeordnet sein dürften; der Hut selber scheint aus einer sehr dünnen Pseudoparenchymlamelle zu bestehen. Jedenfalls sind aber über diesen *Ithyphallus Müllerianus* weitere Untersuchungen, speciell an «Ei»-Exemplaren und an Individuen mit glebaentblösstem Hute notwendig.

I. Müllerianus ist eine der stattlicheren Phalloideen: das grösste der im Berlinerherbar aufbewahrten Exemplare misst im trockenen Zustande 18—19 Cm. Höhe und hat einen Stieldurchmesser von 3 Cm.

Vergleicht man die übrigen näher verwandten Arten, so ist jedenfalls so viel sicher,

dass entgegen meiner früher, allerdings mit Reserve ausgesprochenen Vermutung, *I. Ravenelii* mit unserm Pilz nicht identisch ist, indem er sich durch den Bau seines Hutes wesentlich von ihm unterscheidet. Schon viel ähnlicher sind *I. rugulosus* und *I. aurantiacus*; diese unterscheiden sich aber durch ihre kleineren Dimensionen und schlankere Gestalt, sowie durch die abweichende Form des Hutes, der auch bedeutend weniger weit vorspringende Fortsätze trägt. Immerhin ist es vielleicht doch nicht so ganz ausgeschlossen, dass *I. Müllerianus* eine sehr kräftige var. des *I. aurantiacus* sei.

26. Ithyphallus aurantiacus (Mont.)

Unters. Phall. p. 88.

a. typicus.

Montagne'sche Originalexemplare dieser Art befinden sich auch in Herb. Berk.! und Herb. Kew!. — Das Original des *Phallus truncatus* Berk., den ich für synonym mit *I. aurantiacus* halte, habe ich in Herb. Berk. gesehen, doch ist dasselbe zu wenig gut erhalten, um für oder gegen diese Annahme bestimmte Anhaltspunkte zu gewähren. — Patouillards *Ithyphallus Balansae* (Journal de Botanique 1890, p. 55, Tab. II, Fig. 2) möchte ich — soweit ein Schluss, ohne die Exemplare gesehen zu haben, möglich ist — auch zu *I. aurantiacus typicus* stellen, um so mehr als Patouillard angibt, der Hut sei tuberculeux-ruguleux.

b. gracilis.

Cynophallus Cayleyi Berk. in Herb. Berk.
Phallus libidinosus Cayley (s. Herb. Berk.)
Phallus Novae Hollandiae Corda in Herb. Delessert und (?) Icones fungorum VI, 1854.
Phallus (*Dictyophallus*) *aurantiacus* Mont. var. *discolor* Kalchbr. Phalloidei novi vel minus cogniti p. 19, Tab. II, Fig. 2 = *Mutinus*? *discolor* (Kalchbr.) Ed. Fischer. S. Unters. Phall. p. 93.
? *Ithyphallus aurantiacus* Mtg. var. *pusillus* Patouillard Journal de Botanique 1890, p. 55, Taf. II, Fig. 1.

Unser *I. aurantiacus* var. *gracilis* umfasst ziemlich verschiedene Formen: einerseits solche, die einen grössern Hut mit breiter Mündung besitzen, welche letztere von einem deutlichen, sporenfreien, gegen die Sporenmasse scharf abgesetzten Rande umgeben ist, anderseits schlankere Formen mit sehr kleinem, nach oben mehr oder weniger spitz zulaufendem Hute. Vielleicht würde man aus diesen Formen besser zwei verschiedene Var. bilden.

Bezüglich der Synonymik sind noch folgende Bemerkungen zu machen: Die Corda'sche Abbildung von *Phallus Novae Hollandiae* stimmt so auffallend mit gewissen Exemplaren von *I. aurantiacus* var. *gracilis*, dass ich doch sehr dazu neige, beide Namen für

gleichbedeutend zu halten, in welchem Falle dann Cordas Name als der ältere beibehalten werden müsste. Allerdings müsste man dabei annehmen, es beruhe die Angabe «stipite albo» auf einem Irrtum oder es gebe auch weisse *I. aurantiacus* var. *gracilis*. — Im Herb. Berk. befinden sich Exemplare mit der Bezeichnung *Cynophallus Cayleyi* Berk. und *Phallus libidinosus* Cayley 1805 N. S. W. from Mr. R. Brown (cf. Corda Icones Fungorum sub. *Ph. Novae Hollandiae*); da diese Exemplare nun aber mit unserm Pilz übereinstimmen, so sind auch die beiden Namen als Synonyme desselben anzusehen, freilich ist mir nicht bekannt, ob und wo dieselben publiciert worden sind. — Das Herb. Berol. enthält aus dem Winter'schen Herbarium Exemplare von demselben Standort, welchen Kalchbrenner für seinen *I. aurantiacus* var. *discolor* angibt. Da nun Winter seinerzeit das Kalchbrennersche Herbarium acquiriert hatte, so kann kaum ein Zweifel darüber obwalten, dass wir es hier mit Kalchbrennerschen Originalexemplaren zu thun haben. Diese sind aber nichts anderes als unser *I. aurantiacus f. gracilis* und Kalchbrenners Zeichnung, sowie die darauf gestützte, von mir vorgenommene Zuteilung zu *Mutinus* ergibt sich als unrichtig. — Patouillards *I. aurantiacus* var. *pusillus* dürfte wohl nur ein kleines Exemplar der var. *gracilis* sein. Auffallend ist allerdings die Angabe: Chapeau réticulé à la loupe par des alvéoles peu marquées, arrondies, petites et non sinuées, anastomosées; falls sich dies bestätigt, so muss der Pilz von *I. aurantiacus* ganz getrennt und zu den Phalli reticulati gestellt werden.

Weitere Fundorte:

Natal (leg. Wood Nr. 699. Herb. Berol.! Herb. Kew!). (Sehr schlanke Form mit kleinem, nach oben ziemlich zugespitztem Hut).

Australien: Port Phillip (comm. F. v. Mueller. Herb. Berol.! Herb. Kew!) (Form mit hohem Hute und breiter Scheitelöffnung, die von einem sporenfreien Rande umgeben ist, sehr übereinstimmend mit Cordas Abbildung des *Phallus Novae Hollandiae*). — Clarence River (Herb. Berk.! unter dem Namen *Ph. Cayleyi*). — Melbourne (Herb. Kew!). — Joorvoomba (Herb. Kew!). — Burnett District, Queensland (Herb. brit. Mus.! ex herb. Broome, unter dem Namen *Ph. Cayleyi*). — Brisbane (leg. Bailey Nr. 783, Herb. Kew! unter dem Namen *I. Novae Hollandiae*). — Richmond River (Miss A. Edwards 1889, comm. F. v. Mueller! — Yarra-Yarra (1889, comm. F. v. Mueller!). — Darlings Dawns (H. Lau 1892, comm. F. v. Mueller!).

Tonkin: Fu Phap (Patouillard l. c. als var. *gracilis* und var. *pusillus* Pat.)

27. Ithyphallus Lauterbachii Hennings n. sp. ad int.

Von Herrn P. Hennings erhielt ich zur Untersuchung ein Eiexemplar einer den 24./25. Juli 1890 von Lauterbach am Sattelberg in N. Guinea gesammelten Phalloidee. Von aussen

betrachtet, fiel dasselbe besonders dadurch auf, dass seine Volva über die halbe Höhe hinauf mit zahlreichen kleinen, braunen Wurzelfortsätzen versehen ist, von denen die obern kurz sind und frei endigen, während die untern sich am Substrate befestigen. Mikroskopische Untersuchung zeigte, dass dieselben Auswüchse der äussersten Volvaschicht sind. Beiläufig sei erwähnt, dass an der Grenze zwischen dieser äussersten Volvaschicht und der Gallertschicht zahlreiche schöne Kalkoxalat-Sphaerokrystalle auftreten, die je in einer blasigen Hyphenanschwellung liegen, ganz ebenso wie es de Bary für die Mycelstränge von *Mutinus caninus* beschreibt. Auf dem Längsdurchschnitte erkennt man, dass es sich um einen *Ithyphallus* handelt, welcher einen aus mehreren Kammerlagen bestehenden Stiel besitzt, der sich nach oben in einen Kragen ausbiegt, an welchem der Hut befestigt ist. Soweit aus dem Längsschnitte ersichtlich, ist letzterer nicht mit einer Netzskulptur versehen, sondern mit unregelmässigen, z. Th. sehr weit in die Gleba vorragenden Vorsprüngen von pseudoparenchymatischem Bau. Die Farbe des Hutes war im Alkoholexemplar eine leicht rötliche. — Nach dem Gesagten ist der Pilz zu den Ithyphalli rugulosi zu stellen, unter denen er dem *I. Müllerianus* am nächsten stehen dürfte. Doch wird man erst, wenn entwickelte Stadien vorliegen und *I. Müllerianus* besser bekannt ist, einen definitiven Vergleich ziehen können. Einstweilen mag der Pilz den ihm von Hennings gegebenen Speciesnamen *I. Lauterbachii* beibehalten.

28. Ithyphallus rubicundus (Bosc.)

Unters. Phall. p. 90.

Im Herbarium Berkeley befinden sich unter dem Namen *Phallus rubicundus* mehrere Exemplare aus N. Amerika, die, soweit ich sie untersuchen konnte, habituelle Aehnlichkeit zeigten mit *I. aurantiacus*, andererseits aber auch wieder mit *I. Ravenelii*. Da ich jedoch das Bosc'sche Originalexemplar nicht kenne, so bleibt *I. rubicundus* mir einstweilen zweifelhaft. Vielleicht werden amerikanische Forscher hier einiges Licht bringen können.

29. Mutinus bambusinus (Zollinger).

Unters. Phall. p. 92.

Das Herb. Berk.! enthält von *M. bambusinus* Exemplare, sowie Zeichnung und Notiz von Kurtz, welche im Ganzen mit den von Prof. Grafen zu Solms-Laubach in Java gesammelten Exemplaren recht gut übereinstimmen; die Zeichnung ist das Original der von Berkeley in Intell. Obverver Vol. IX 1866 gegebenen Abbildung. Standort: Thal von Tjiliwong, unweit Buitenzorg, Java. — Patouillard (Contributions à la flore mycologique du Tonkin. Journal de Botanique 1890, p. 56) erwähnt *M. bambusinus* von Santioï, Tonkin.

Nach Grevillea XVII 1888, p. 17 soll ferner *M. bambusinus* auch in England in Noble's

Baumschulen bei Sunningdale aufgetreten sein. Bei Besichtigung der betreffenden Exemplare in Coll. und Herb. Kew gewann ich jedoch die Ueberzeugung, dass es sich hier nur um *M. caninus* (vielleicht in einer etwas abweichenden Varietät?) handelte.

30. Mutinus boninensis n. sp.

Syn.? *Mutinus borneensis* Cesati. Atti della R. Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli Vol. VIII 1879 c. icone.

Kleinere Form. Sporentragender Teil ca. $^1/_3$ der Gesamthöhe des Receptaculums einnehmend, eng- und scharf querrunzlig, am Scheitel abgestumpft; Kammerwände des sporentragenden Teiles wenig von denen des Stieles abweichend. Das zwischen Gleba und Receptaculum liegende Geflecht ist nur an der unmittelbar an das Receptaculum grenzenden Zone in eine Pseudoparenchymschicht umgewandelt. (Für die eingehendere Beschreibung s. den entwicklungsgeschichtlichen Abschnitt p. 17).

Abbildungen: Taf. III, p. 69—71.

Fundort: Bonin Inseln, südl. v. Japan (leg. Dr. O. Warburg!).

Ob der von Patouillard (Contributions à la flore mycologique du Tonkin. Journal de Botanique 1890, p. 56, Taf. II, Fig. 4), allerdings mit einigen Zweifeln, als *M. borneensis* Ces. bestimmte Pilz von Fu-Phap, Tonkin, hieher gehört, vermag ich nicht zu entscheiden.

31. Anderweitige Mutinus-Arten.

Im Herb. Berk. sah ich Exemplare des *Phallus curtus* Berk., an denen ich konstatieren konnte, dass hier ein unzweifelhafter *Mutinus* vorliegt, hingegen wage ich kein Urteil darüber, ob es sich um eine gute Art handelt. — Ebenso bleibt mir vorderhand zweifelhaft: *Phallus proximus* B. et Br., ein *Mutinus* mit kurzem sporentragendem Teil und gelbem Stiel aus Peradeniya, Ceylon, von welchem Exemplar und Abbildung im Herb. Berk.! und Herb. brit. Mus.! liegen. — Im Herb. brit. Mus. befindet sich unter dem Namen *Corynites elegans* die Abbildung eines grossen *Mutinus*, welcher mit *M. bovinus* recht gut übereinstimmt.

Die im Herb. Berk. und Herb. Kew liegenden Exemplare von *M. Ravenelii* scheinen mir im Ganzen gegen die Vereinigung dieser Art mit *M. Mülleri*, aber für die Identität von *M. Ravenelii* und *M. Curtisii* zu sprechen.

Eine gute Art dürfte, soweit ich es aus der Beschreibung (Journal de Botanique 1890 p. 56) entnehmen kann, Patouillards *M. minimus* sein.

—

III. Verwandtschaftsverhältnisse der Phalloideen.

Schon in meinen früheren Arbeiten habe ich darauf hingewiesen, dass die Formen der Phalleae, ganz besonders aber die der Clathreae sich zu sehr schönen Uebergangsreihen neben einander stellen lassen, während zwischen beiden Gruppen zur Stunde kein allmählicher Uebergang bekannt ist. Zu dem, was damals[1]) über die Phalleae gesagt wurde, ist im Folgenden nichts weiter beizufügen; dagegen haben diejenigen Clathreae, welche ich seit meinen Unters. Phall. untersucht habe, die frühern Befunde nicht nur bestätigt, sondern dazu gedient, jene Uebergangsreihen noch zu vervollständigen. Es soll daher nochmals kurz auf dieselben eingegangen werden.

Nehmen wir unsern Ausgangspunkt bei den gleichmässig gitterigen Formen mit dünnen Receptaculumästen, wie sie vertreten sind in *Clathrus cibarius*. Lassen wir dann bei diesem die Wände der Gitteräste dünner und etwas wellig gefaltet werden, so erhalten wir den auf p. 20 dieser Arbeit beschriebenen *Cl. intermedius*, welcher vielleicht schon eine vertikale Verlängerung der Maschen im untern Teile des Receptaculums erkennen lässt. Letztere wird noch ausgeprägter bei dem von Berkeley beschriebenen *Cl. pusillus*; bei den von Corda abgebildeten Exemplaren dieser Art macht sich eine noch ausgesprochenere Verschiedenheit von oben und unten geltend, indem hier die obere Hälfte aus vertikalen Gitterästen besteht, während unten einige kleinere Maschen auftreten; zugleich zeigt sich auch in der Ausbildung der Gitteräste eine Ungleichartigkeit, indem dieselben im obern Teil querrunzlig, rot, unten dagegen von stielartiger Beschaffenheit sind. Es folgen nun in mehreren Abstufungen diejenigen Formen, welche man unter dem Namen *Colus Mülleri* zusammenfassen kann: Dieselben sind durch den Besitz eines Stieles charakterisiert, der sich oben in einige meridional verlaufende Aeste spaltet, welche dann am Scheitel zur Bildung polygonaler Maschen zusammentreten; bei der oben beschriebenen Form aus Gippsland ist der Stiel äusserst kurz, länger dagegen bei dem in meinen Unters. Phall. p. 61 beschriebenen Exemplar. *Colus Rothae* zeigt wesentlich dasselbe Verhalten, nur mit dem Unterschiede, dass die meridional verlaufenden Gitteräste am Scheitel direkt miteinander verbunden sind, ohne hier polygonale Maschen zu bilden[2]); dabei sind diese Aeste

[1]) Unters. Phall. p. 42 und 45.

[2]) Es kann daher Colus Rothae, wenn man will, auch direkt an die von Corda beschriebenen Cl. pusillus angeschlossen werden.

an ihrer Verbindungsstelle am Scheitel äusserst dünn und so ist nur noch ein sehr kleiner Schritt zu den Formen mit frei endigenden Receptaculumlappen (*Anthurus*). *Anthurus Müllerianus* von Moonau Broah (s. oben p. 23) unterscheidet sich von *Colus Rothae* wesentlich nur durch die frei endigenden Arme und bildet den direkten Uebergang zu *Anth. Müllerianus typicus* und *A. Müllerianus aseroëformis*. Letzterer zeigt die Basis der Arme reliefartig auf der Innenseite des obern Stielendes vorgewölbt; ferner endigen bei ihm (übrigens auch bereits bei dem Exemplar von Moonau Broah) die Arme mit zwei kleinen Spitzen. Diese letztern sind bei *Aseroë rubra typica* länger geworden, und an Stelle der reliefartigen Vorwölbungen der Armbasen ist ein wulstiger Saum getreten, welcher die Stielmündung rings umgibt. Dieser Saum wird nun immer breiter und die Arme spalten sich immer weiter hinab bei *Aseroë pentactina*, *actinobola*, bis endlich bei *A. ceylanica* die Spaltung bis zur Armbasis reicht, mit andern Worten die Zahl der Arme sich verdoppelt hat. Bei *Calathiscus* findet man schliesslich statt des breiten Saumes, der die Stielmündung umgibt, eine Art von Schüssel, deren Rande die Aeste aufsitzen. — Wir erhalten auf diese Weise eine Reihe, welche von gleichmässig gitterigen zu gestielten Formen mit freien Armen überführt, bei welcher also mit andern Worten eine immer ausgeprägtere Verschiedenheit von Oben und Unten zur Ausbildung kommt; in Verbindung damit sehen wir auch die Gleba sich mehr und mehr lokalisieren: bei den ersterwähnten Formen nimmt sie den ganzen vom Receptaculum umschlossenen Raum ein, bei den *Colus*- und *Anthurus*-Formen schon nur den obern Teil des Receptaculums, dann fängt sie an, auch die Spitze der Arme frei zu lassen, um schliesslich bei *Calathiscus* nur den Saum der Stielmündung zu umgeben.

An diese Hauptreihe lassen sich die übrigen Formen leicht als Nebenreihen angliedern: Nach der äussern Formgestaltung ihres Receptaculums wird man die verschiedenen Varietäten des *Clathrus cancellatus* unmittelbar neben *Cl. cibarius* und *Cl. pusillus* stellen; der Unterschied diesen gegenüber besteht in der massiveren Ausbildung der Receptaculumäste. Aehnliches gilt auch für *Cl. crispatus* und *crispus*. Der kurzgestielten Form von *Colus Mülleri*, sowie dem *Cl. pusillus* steht *Cl. Camerunensis* ausserordentlich nahe. An *Colus Mülleri* reihen sich ferner einerseits *Colus hirudinosus* und anderseits die beiden *Simblum* an. Letztere unterscheiden sich von *Colus Mülleri* dadurch, dass der obere Receptaculumteil regelmässig polygonal gitterig ist. Die Struktur der Gitteräste dürfte bei allen drei Formen dieselbe sein. — An *Anthurus Müllerianus* schliesst sich eine Reihe von Formen an, bei welchen die Receptaculumlappen immer kürzer und vom Stiele schärfer abgesetzt werden, bei denen ferner die Gleba immer weiter nach aussen rückt. Es sind das: *Anthurus Woodi* (inkl. *A. Stae. Catharinae*), *Anth. Clarazianus* (inkl. *A. australiensis*) und *Lysurus Mokusin*, bei welchem die Gleba der Aussenseite der Receptaculumlappen aufgelagert ist. — An *Aseroë rubra typica* lässt sich *A. arachnoidea* als Form mit einfacher gebauten Armen anschliessen; ferner *Clathrus delicatus* an *Cl. cibarius* und wahrscheinlich *Aserophallus cruciatus* an *Anthurus Müllerianus typicus*, *Colus fusiformis* an *Colus Rothae*.

In beifolgendem Uebersichtstableau habe ich es versucht, die besprochenen Beziehungen übersichtlich darzustellen. Es ist klar, dass späterhin noch mancherlei Modifikationen in dieser Zusammenstellung eintreten werden; in den Einzelheiten mag vielleicht auch Einiges etwas willkürlich sein, aber im Ganzen dürfte die Tabelle doch ziemlich unsern derzeitigen Kenntnissen entsprechen.

Ganz besonders auffallend wird aber diese Zusammenstellung, wenn wir die geographische Verbreitung der einzelnen Formen mit berücksichtigen. Da zeigt sich vor Allem, dass die Hauptreihe von *Clathrus cibarius* bis zu *Aseroë actinobola* aus Formen besteht, die sämtlich in Australien vorkommen, und dass sämtliche australischen Formen (mit einziger Ausnahme des *Anthurus australiensis*[1])) sich in diese Reihe einordnen lassen, also durch Uebergänge direkt verbunden sind.

Betrachtet man dann die Nebenreihen oder das untere Ende der Hauptreihe, so leiten dieselben mit wenigen Ausnahmen von den australischen Formen zu indischen, afrikanischen oder südamerikanischen über. So von australischen zu indischen die Reihe: *Aseroë actinobola—A. Junghuhnii—A. ceylanica—Calathiscus;* ferner: *Colus Rothae—Colus Gardneri*; von australischen zu südafrikanischen: *Anthurus Müllerianus—Anth. Woodi, Clathrus pusillus—Cl. camerunensis;* von australischen durch indische zu afrikanischen Formen: *Colus Mülleri—Simblum periphragmoides—Kalchbrennera;* endlich von australischen zu südamerikanischen Arten: *Anthurus Müllerianus typicus—Anth. Stae. Catharinae, Clathrus pusillus —Cl. cancellatus* var., *Colus Mülleri—Simblum sphaerocephalum*, letztere Verbindung allerdings weniger direkt.

Dagegen zeigen die in den nichtaustralischen Ländern nebeneinander vorkommenden Clathreen unter sich meistens keine Uebergänge; so leben z. B. in Süd-Amerika: *Clathrus cancellatus* var., *Cl. cibarius*, *Simblum sphaerocephalum*, *Anthurus Clarazianus* und *Anth. Stae. Catharinae*; abgesehen von den beiden ersten und den beiden letzten sind das alles scharf von einander abgegrenzte Formen.

Endlich sei erwähnt, dass Australien einzelne Arten mit S. Afrika und S. Amerika teilt, ebenso Europa mit N. Amerika.

Es läge nun sehr nahe, aus diesen Betrachtungen Schlüsse über Artentstehung und -Wanderung zu ziehen. Allein unsere Kenntnisse sind dazu noch zu lückenhaft: unsere Beschreibungen beruhen fast immer nur auf einzelnen Exemplaren, bei unsern Reihen konnte manche Willkürlichkeit mit unterlaufen und es können dieselben daher noch manche Umstellungen erleiden; endlich kann die weitere Erforschung der verschiedenen Gebiete auch über die geographische Verbreitung mancherlei ergeben, was unsere obigen Darlegungen noch sehr verändern kann.

---

[1]) Auch Clathrus crispus und cancellatus werden aus Australien resp. N. Zealand angegeben, diese Angaben dürften indes immerhin noch zu verificieren sein. — Den *Colus Mülleri* von Burnetts District habe ich der Einfachheit halber weggelassen.

Tabelle zur Uebersicht über die Verwandtschaftsverhältnisse und die geographische Verbreitung der Clathreae.



Das Vorhandensein der obigen Uebergangsreihen gibt aber noch zu einer andern Frage Anlass: nämlich derjenigen nach der **Abgrenzung der Gattungen.** Als Gattungs-Einteilungsprincip bei den Clathreae wurde bisher immer die Form des Receptaculums verwendet. Diese Einteilung führt uns aber nach den obigen Darlegungen zu dem Schlusse, dass zwischen Arten der so begründeten Gattungen allmähliche Uebergänge bestehen; ja es ist sogar nicht ganz ausgeschlossen, dass Formen, die jetzt unter verschiedenen Gattungsnamen aufgeführt werden, nur individuelle Variationen einer und derselben Art sind! Aber auch wenn man andere Verhältnisse, z. B. die Struktur des Receptaculums verwenden wollte, so käme man nicht zu einer bessern Gruppierung. Am richtigsten würde es daher wohl sein, die sämtlichen Clathreae in eine einzige Gattung zu vereinigen, was sich ohnedies durch die weitgehende Gleichartigkeit der Formen rechtfertigen würde. Wollte man aber, wie oben angedeutet, auch *Kalchbrennera* zu den Clathreen ziehen, so könnte diese als besondere Gattung bestehen bleiben und es bestünden dann die Clathreae aus zwei Gattungen: die eine wäre *Kalchbrennera*, die andere würde alle übrigen Clathreae umfassen und erhielte daher am besten den Namen *Aseroclathrus* (Zusammenziehung der Namen der extremsten und wichtigsten Formen). Allein um mit der althergebrachten und gut eingebürgerten Nomenklatur nicht ganz zu brechen, ziehe ich es vor, die alte Gattungseinteilung vorläufig zu behalten.

Anschlüsse der Phalloideen an andere Pilzgruppen.

In einer früheren Arbeit[1]) habe ich darauf hingewiesen, dass zur Klarlegung der Anschlüsse der Phalloideen vor allem auch die Hymenogastreen zu untersuchen sein würden, deren Entwicklungsgeschichte damals noch fast gänzlich unbekannt war. Durch Untersuchungen, welche auf meine Veranlassung im botanischen Institut in Bern von Herrn H. Rehsteiner ausgeführt wurden, ist inzwischen für drei Hymenogastreen die Fruchtkörperentwicklung in den Hauptpunkten klargelegt worden[2]); es sind das: *Hysterangium clathroides*, *Hymenogaster decorus* und *Rhizopogon rubescens*. Unter diesen zeigt nun in der That die erstgenannte im Gang der Differenzierung ihrer Fruchtkörper eine grosse Analogie mit *Clathrus*. Rehsteiner schildert dieselbe folgendermassen: «Die Anlage der Gleba vollzieht sich in der äussersten, an die Peridie grenzenden Randzone des primordialen «Grundgeflechtes, indem sich die Endglieder von Hyphenzweigen parallel zu einander stellen «und eine kontinuierliche Palissadenschicht bilden. An dieser entstehen lokale Auswüchse, die zur Bildung von Wülsten und dazwischen liegenden Falten Veranlassung

[1]) Zur Entwicklungsgeschichte der Fruchtkörper einiger Phalloideen. Annales du Jardin bot. de Buitenzorg. Vol. VI p. 47 und 48.

[2]) H. Rehsteiner: Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Fruchtkörper einiger Gastromyceten. Botanische Zeitung 1892 Nr. 47—52.

«geben. Die Enden der erstern stehen mit der Peridie in lockerer Verbindung, letztere «sind nach aussen offen und grenzen direkt an die Peridie.» Noch deutlicher geht die Analogie zwischen *Hysterangium* und *Clathrus* hervor aus einem Vergleich zwischen Rehsteiners Fig. 7 und 8 etwa mit Fig. 2 und 9 meiner Unters. Phall. Der Unterschied der beiden Pilze besteht besonders darin, dass bei *Hysterangium* die Bildung der Tramawülste direkt am Centralstrang[1]) (welcher seinerseits aussen direkt an die Peridie grenzt) erfolgt, ohne vorangegangene Differenzierung von Centralstrangzweigen, ferner darin, dass bei demselben die Bildung des Receptaculums und der Volva unterbleibt. Mit andern Worten: Bei sonstiger grosser Uebereinstimmung in der Differenzierung zeigt *Hysterangium clathroides* eine weniger hohe Differenzierung des Fruchtkörpers als die Clathreae, speciell *Clathrus*. Hier wird man also den Anschluss der letztern «nach unten» (wenn dieser Ausdruck bei zwei gleichzeitig in der Jetztzeit lebenden Formen gestattet ist) zu suchen haben.[2]) — Fragt man dann ferner, welches unter den verschiedenen Clathreen die *Hysterangium* nächststehende ist, so wird man natürlich vor allem diejenigen in Betracht ziehen, welche das am schwächsten ausgebildete und am wenigsten differenzierte Receptaculum haben, also etwa *Cl. cibarius f. gracilis, Cl. intermedius* oder *Cl. delicatus*.

Die Gruppe der Phalleae zeigt, wie wir gesehen haben, keinen Uebergang zu den Clathreae. Nichtsdestoweniger könnte man geneigt sein, sie ebenfalls an *Hysterangium* anzuschliessen. Allein das ist nicht thunlich, denn keine Phallee zeigt in ihren Jugendzuständen eine Analogie mit genannter Hymenogastree: der Ort der Anlage der Tramawülste ist von vorneherein ein anderer. Etwas mehr Analogie mit den Phalleae zeigt eine andere der von Rehsteiner untersuchten Arten, wenngleich von vorneherein bemerkt werden muss, dass hier die Unterschiede viel grösser sind, als zwischen *Clathrus* und *Hysterangium* (so ist z. B. die Sporenform eine ganz andere). Es ist das *Hymenogaster decorus*, bei welchem wir in jungen Fruchtkörpern die Glebaanlage ebenfalls in Form von Wülsten und Falten vorfinden, aber in anderer Anordnung als bei *Hysterangium*: Sie gehen von einer unter dem Scheitel liegenden, etwas bogigen Geflechtslage aus und wachsen gegen die Basis des Fruchtkörpers. Denkt man sich nun diese Geflechtslage, von der die Wülste ausgehen, mehr glockig gestaltet und am Scheitel mit einer axil verlaufenden Stielanlage in Verbindung, so erhält man im Wesentlichen ein Bild, wie es die jüngern Stadien

[1]) Rehsteiners primordiales Grundgeflecht.

[2]) Nach Abschluss des Manuscriptes erhielt ich durch Herrn R. Thaxters Freundlichkeit dessen Arbeit über Phallogaster saccatus Morgan (Botanical Gazette, Vol. XVIII Nr. 4 1893, p. 117—121, Tab. IX). Soweit ich mir, ohne Exemplare gesehen zu haben, ein Urteil bilden kann, scheint mir dieser Pilz dem Hysterangium clathroides ausserordentlich nahe zu stehen und dabei vielleicht eine Zwischenform zwischen diesem und Clathrus darzustellen, indem man in der gallertigen Geflechtslage zwischen Gleba und Peridie (XIII) möglicherweise die erste Andeutung der Volvagallert erblicken kann. Wenn aber Thaxter den Pilz geradezu in die Gruppe der Phalloideen stellt, so kann ich dem nicht beistimmen, da, wie Thaxter ausdrücklich hervorhebt, das Receptaculum fehlt. Die gitterig sich öffnende Peridie kann natürlich keinenfalls mit dem Receptaculum von Clathrus homolog erklärt werden.

der Phalleae darbieten: man vergleiche z. B. Rehsteiners Fig. 1 mit Fig. 15 oder 22 meiner Unters. Phall. — Auch hier werden es die wenigst differenzierten Phalleae sein, die den Anschluss am besten vermitteln, also *Mutinus* und zwar speciell *M. xylogenus*, bei dem der Stiel die Gleba nicht bis zum Scheitel durchsetzt.

Es stellen somit die Clathreae und die Phalleae zwei Reihen dar, die von verschiedenen Ausgangspunkten, *Hysterangium* und *Hymenogaster* (?), ausgehend, in gleicher Richtung fortschreiten und ihren Höhepunkt einerseits in *Aseroë* und *Calathiscus*, anderseits in *Ithyphallus* und *Dictyophora* erreichen. Insoferne als man *Aseroë* und *Ithyphallus* als die in beiden Gruppen einander am nächsten stehenden Formen ansehen kann, darf man die beiden Reihen sogar als convergente bezeichnen. Wir hätten es dann zu thun mit ähnlichen Erscheinungen, wie sie Fayod[1]) bei den Agaricineen hervorgehoben hat, bei denen ebenfalls in mehreren Fällen sehr ähnliche höhere Formen die Endpunkte convergenter, von verschiedenen Ausgangspunkten ausgehender Reihen darstellen.

Ausser den genannten Hymenogastreen zeigen noch andere Pilze Analogien mit den Phalloideen. Zunächst besteht eine nicht zu leugnende Aehnlichkeit zwischen der Glebaentwicklung der letzteren mit der Lamellenentwicklung gewisser Agaricineen: z. B. *Coprinus*, *Amanita*.[2]) In einer andern Richtung lässt sich *Sphaerobolus* den Phalloideen an die Seite stellen, wie dies J. Schröter in seinen Pilzen Schlesiens gethan hat, indem er die Gruppe der Phalloideen in der Weise erweiterte, dass sie neben der Familie der Phallaceen auch die Familie der Sphaerobolaceen enthält. Für diese Auffassung lässt sich namentlich das Argument geltend machen, dass die Collenchymschicht von *Sphaerobolus* dem Receptaculum der Phalloideen homolog sei, was zwar entwicklungsgeschichtlich noch nicht ganz sicher festgestellt, aber doch sehr wahrscheinlich ist. Man würde dann *Sphaerobolus* mit einer Clathree vergleichen können, deren Receptaculum nicht gitterig ist, sondern eine einschichtige Hohlkugel darstellt.

Trotz dieser Aehnlichkeiten aber ist doch der Bau sowohl der genannten Agaricineen als auch von *Sphaerobolus* in den übrigen Punkten von den Phalloideen so sehr abweichend, bei gleichzeitiger sehr hoher Differenzierung, dass wir dieselben weder unten noch oben an die Phalloideen anreihen können. Man wird sie denselben also als mit ihnen mehr oder weniger parallel ausgebildete Gruppen an die Seite stellen.

---

[1]) V. Fayod, Prodrome d'une histoire naturelle des Agaricinés. Annales des sciences naturelles 7e Série. Botanique, Tome 9, p. 398 ff.

[2]) cf. hierüber meine Arbeit: Zur Entwicklungsgeschichte der Fruchtkörper einiger Phalloideen. l. c. p. 47.

Alphabetisches Namenregister

zum entwicklungsgeschichtlichen und systematischen Teil.

Die Synonymen sind durch *Cursivschrift* bezeichnet.

—

Erklärung der Abbildungen.

Um die Homologien besser hervortreten zu lassen, sind in allen entwicklungsgeschichtlichen Figuren für die entsprechenden Teile die gleichen Buchstaben gewählt worden wie in meinen Unters. Phall.; ferner habe ich, um Verwirrungen zu vermeiden, die Figuren nicht von 1 an nummeriert, sondern von der letzten Nummer der Unters. Phall. einfach weiter gefahren.

Tafel I.

Fig. 48. *Lysurus Mokusin* (Cibot) Fr. Querschnitt durch den obern, glebaführenden Teil eines jungen Fruchtkörpers im trockenen Zustand. 4mal vergrössert. *S* Ueberreste des axilen Gallertgeflechtes, P_1 Auszweigungen desselben, die Gleba radial durchsetzend. a Gleba. *Rp* Receptaculumlappen.

Fig. 49. *Lysurus Mokusin* (Cibot) Fr. Derselbe Querschnitt wie in Fig. 48 im frischen oder aufgeweichten Zustande, rekonstruiert. Buchstaben wie in Fig. 48, dazu kommt noch: *G* Gallertschicht der Volva, *Pl* die Gallertschicht der Volva durchsetzende nicht gallertige Geflechtsplatten.

Fig. 50. *Simblum periphragmoides* Klotzsch. Querschnitt durch einen Receptaculumast und die umgebende Gleba bis zur Gallertschicht der Volva. Die pseudoparenchymatischen Partien sind braun gehalten, die Basidienschicht grau, das Geflecht *Pl*, das sich hier noch ein Stück weit durch die Gleba bis zum Receptaculumast fortsetzt, rötlichbraun. α Geflecht, welches den Hohlraum des Receptaculumastes einnimmt, *Km* Glebakammern, *Tr* Tramaplatten, *G* Gallertschicht der Volva, von der nur der innerste Teil sichtbar. — Vergrösserung 35.

Fig. 51. *Clathrus cibarius* (Tul.) Ed. Fischer *f. gracilis*. Neu England, leg. Dr. O. Warburg. Längsschnitt durch einen jungen Fruchtkörper. Buchstaben wie in obigen Figuren. *k*, *l*, *m* siehe Text. — Zweimal vergrössert.

Fig. 52. *Clathrus cibarius f. gracilis*. Neu England, leg. Dr. Warburg. Isoliertes Receptaculum, aber noch nicht völlig gestreckt. Circa nat. Grösse.

Fig. 53. *Aseroë rubra* Labillardière *b. pentactina* In der Coll. brit. Mus. aufbewahrtes Alkoholexemplar. Nat. Gr.

Fig. 54. Derselbe Pilz wie Fig. 53. Eistadium, medianer Längsschnitt. Die schwarz gehaltenen Partien sind Hohlräume. — 2 mal vergr.

Rp Arme des Receptaculums. *Rpα* wulstiger Saum des Receptaculums um die Stielmündung herum. *Rpβ* Stiel des Receptaculums. *S* Gallertgeflecht der Stielaxe. S_1 Fortsetzung derselben in die Gleba. S_2 dünnes Geflecht, welches die Gleba von den Receptaculumarmen trennt. a Gleba.

Fig. 55. *Clathrus delicatus* Berk. et Br. aus dem Herb. Berk. Nr. 784. Zwei Exemplare nat. Gr. und vergr.

Eig. 56. *Clathrus camerunensis* Hennings. Receptaculum in nat. Grösse nach Alkoholmaterial gezeichnet.

Fig. 57. *Anthurus australiensis* Cooke et Mass. von Yarra-Yarra, Port Philipp. Nach einem aufgeweichten Exemplar. Nat. Gr.

Tafel II.

Fig. 58 und 59. *Aseroë rubra* Labill. f. *pentactina* von Tingiringi, an der Grenze von Viktoria und N. S. Wales. Febr. 1889, W. Bäuerlen Nr. 179. — Dasselbe Exemplar, aufgeweicht, von oben und unten gesehen. Nat. Grösse.

Fig. 60. *Aseroë rubra* Labill. f. *typica,* von demselben Standort und Sammler wie die vorigen Fig. Nat. Grösse.

Fig. 61. *Ithyphallus impudicus* (L.). Medianer Längsschnitt durch den Scheitel eines etwas ältern Stadiums als das in Unters. Phall. Fig. 22 dargestellte. — Vergr. 35.

a die Gleba, *H* die Anlage des Hutes, *I* die Geflechtszone mit der im Zusammenhange bei Dictyophora das Indusium entsteht. *P* das Geflecht, welches den Raum zwischen *I* und der Stielanlage einnimmt. *Sw* die Stielwandanlage. *S* das Geflecht der Stielaxe. — Für die übrigen Buchstaben siehe den Text. Der Geflechtsknäuel ω erscheint in der Figur bedeutend schärfer abgegrenzt als er es in Wirklichkeit war.

Fig. 62. *Ithyphallus impudicus* (L). Medianer Längsschnitt durch den Scheitel eines noch etwas ältern Stadiums als Fig. 61, aber jünger als Fig. 23 und 24 der Unters. Phall. Vergr. 35.

Buchstaben wie in Fig. 61.

Fig. 63. *Ithyphallus impudicus.* (L). Medianer Längsschnitt durch denselben Fruchtkörper wie Fig. 62. 2 mal vergrössert.

Buchstaben wie in Fig. 61 und 62.

Tafel III.

Fig. 64. *Ithyphallus Ravenelii* (B. et C.) Medianer Längsschnitt durch den Scheitel des jüngsten der drei untersuchten «Ei»-Stadien. Schematisiert. Vergr. 35.
Sw Anlage der Stielwand, *P* Geflecht zwischen Hut und Stielwand, *H* Anlage des Hutes, *β* Geflecht der Hutkammern, *Tr* Tramaplatten, *Km* Glebakammern. Die später pseudoparenchymatisch werdenden Partien sind braun gehalten.

Fig. 65. *Ithyphallus Ravenelii* (B. et C.). Partie aus einem medianen Längsschnitt durch die Hutanlage desselben Stadiums wie vorige Figur. Vergr. ca. 80. *α* Anlage der spätern Hutkammerwände. ξ siehe den Text, sonst Buchstaben wie in voriger Figur.

Fig. 66. *Ithyphallus Ravenelii* (B. et C.). Medianer Längsschnitt durch den Scheitel des zweiten der drei untersuchten «Ei»-Stadien, dasselbe wie Fig. 67. Vergr. 35.
Buchstaben wie in den beiden vorangehenden Figuren. Die pseudoparenchymatischen Partien sind braun gehalten.

Fig. 67. *Ithyphallus Ravenelii* (B. et C.). Medianer Längsschnitt durch dasselbe Exemplar wie Fig. 66. Zweimal vergr.

Fig. 68. *Ithyphallus Ravenelii* (B. et C.) Medianer Längsschnitt durch das älteste der drei untersuchten «Ei»-Stadien. Nat. Grösse.

Fig. 69. *Mutinus boninensis* n. sp. Junges «Ei»-Stadium, medianer Längsschnitt. 3 mal vergrössert.

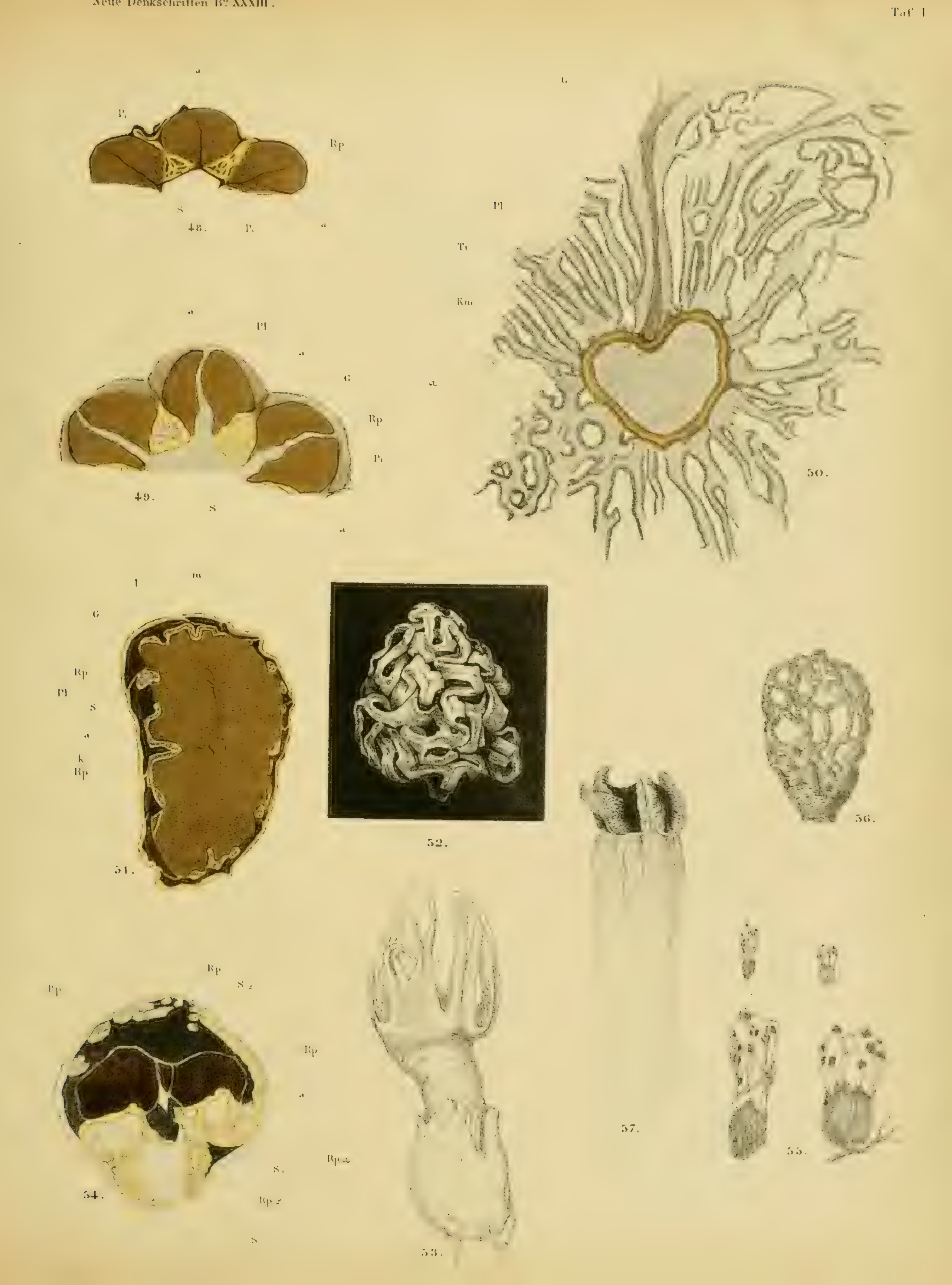
Fig. 70. *Mutinus boninensis* n. sp. Aelteres Eistadium, medianer Längsschnitt. 2 mal vergrössert.

Fig. 71. *Mutinus boninensis* n. sp. Erwachsenes Exemplar, nach Alkoholmaterial gezeichnet. Nat. Gr.

Fig. 72. *Mutinus boninensis* n. sp. Längsschnitt durch Receptaculumwand und innern Teil der Gleba, wenig oberhalb des untern Endes der Gleba, junges «Ei»-Exemplar. *Tr* Tramaplatten. Buchstabenerklärung im Text. Vergr. ca. 80.

Fig. 73. *Mutinus boninensis* n. sp. Wie vorige Figur, aber etwas älteres Stadium. Vergr. ca. 80.

Fig. 74. *Mutinus boninensis* n. sp. Längsschnitt durch Receptaculum-Aussenwand und innerste Partie der Gleba (a) eines ältern «Ei»-Exemplares. Vergr. ca. 80.


48.
49.
50.
51.
52.
53.
54.
55.
56.
57.





del. Ed. Fischer.



64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74.



Studien

am

Unter-Grindelwaldgletscher

über

Glacialerosion, Längen- und Dickenveränderung,

in den Jahren 1892 bis 1897.

Mit 10 Lichtdrucktafeln und einem Plan des alten Gletscherbodens.

Von

A. Baltzer,

Professor in Bern.

Druck von ZÜRCHER & FURRER in Zürich.



Einleitung.

Im Jahre 1892 habe ich am unteren Grindelwaldgletscher mit vorbereitenden Arbeiten zur empirischen Bestimmung der Eiserosion begonnen, über die im Folgenden berichtet werden soll. Es war mir von vornherein klar, dass eine Kartenaufnahme in grossem Masstab und eine genaue Untersuchung des Gletscherbodens unerlässlich seien; es erschien ferner auch sehr wünschenswert, die Veränderungen der Gletscherzunge, sowohl am Ende wie weiter oben, während einiger Zeit genauer zu kontrollieren. Letztere Beobachtungen hatte Herr Sekundarlehrer Stump die Güte zu übernehmen.

Im Folgenden gebe ich daher zunächst eine topographische Beschreibung des alten Gletscherbodens, schliesse daran an den Bericht über Vorkehrungen zur Bestimmung der Eiserosion und schliesse mit den Beobachtungen über die Veränderungen der Gletscherzunge seit 1892.

Der Unter-Grindelwaldgletscher ist ein Gletscher erster Ordnung mit einer Reihe von Tributärgletschern, deren weitaus bedeutendster der Grindelwalder-Fiescherfirn ist. Eingeschlossen ist das ganze System von Gletscherzungen und Firnmulden durch Fieschergrat, Fiescherhörner und Schreckhörner, es bildet gleichsam einen grossen, unregelmässigen, 5½ km breiten Kessel, der durch die Massen des Züsenberghorns und Grünhorns in zwei ungleiche Abschnitte geteilt ist. Die schliessliche Entleerung der Eismassen findet durch das enge Gletscherthal zwischen Mettenberg und Eiger statt (vergl. Blatt 396 und 489 des Siegfriedatlas). Die Länge des Hauptstamms inkl. Firn beträgt 9 km, die Breite circa 400 m im unteren und 600 m im oberen Teil. Dabei erleidet der Strom zwei bedeutende beckenartige Verbreiterungen, sogenannte Eismeere, wo sich sein Gefäll beträchtlich verringert und die Breite bis zu zirka 1000 m anwächst.

Wir haben es im Folgenden nur mit der sogenannten Gletscherzunge zu thun, worunter wir den Abschnitt vom gegenwärtigen Ende bei 1240 m bis zum unteren Eismeer verstehen.



Erster Abschnitt.

1. Topographische Beschreibung des Gletscherbodens.

(Vergl. den Plan 1 : 2000.)

Nachdem der Gletscher das Becken des unteren Eismeeres verlassen hat, zwingen ihn die stufigen Absturzwände des Eiger und Mettenberg, seine Breite bis auf die Hälfte zu verringern. Indem er durch diese Enge sich hindurchpressen muss, wird einerseits seine Geschwindigkeit, andererseits die Intensität des Abschliffes erhöht und es vergrössert sich infolgedessen der Unterschied zwischen Sommer- und Winterstand, was für unsere Zwecke von Bedeutung ist.

Gegenwärtig drängt sich die Gletscherzunge auf der Mettenbergseite in eine Art Felstrichter, der nach unten in die bekannte Erosionsschlucht der Lütschine übergeht. Die Abfälle des Gletschers bilden im Hintergrund der Schlucht eine circa 100 m lange Zunge, unter der der Fluss zum Vorschein kommt. Auf die schönen Erosionskessel im unteren Teil der Schlucht, welche die Entstehung derselben durch Wasserthätigkeit beweisen, wurde schon früher aufmerksam gemacht[1]. Ausser der Lütschine bildet einen Abfluss noch ein kleiner Bach auf der Eigerseite, der gegenwärtig in einem Gletscherteich seinen Anfang nimmt.

Der alte Gletscherboden (vergl. den Plan) ist gegenwärtig in seiner ganzen Eigentümlichkeit entblösst; er besteht aus einem oberen steileren und einem unteren flachen, durch Endmoränen charakterisierten Abschnitt.

Im oberen Teil erheben sich in flacher Wölbung die charakteristischen Felsterrassen der „Schöpfe“. Ihre rundlichen Felsenknäufe legen beredtes Zeugnis von der schleifenden Gletschererosion ab.

Die „obere Schopfwand“ mit circa 60 m hohem Absturz schliesst auf der Eigerseite den oberen Teil des Gletscherbodens vollständig ab, sodass der Pfad zum daselbst befindlichen Châlet Schläppi sie in weitem Bogen umgehen muss. Auf der Westseite ist derselbe von der alten Ufermoräne begrenzt. Eine Menge von abgeschliffenen Rundbuckeln, auf denen einige Fixpunkte (2, 3, 4) angebracht wurden, bedingen eine Art unregelmässiger Rundhöckerlandschaft. Charakteristisch als Reliefform ist die flache, circa

[1] Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz. Lfg. XX p. 166.

30 m breite, 80 m lange und circa 2—3 m tiefe Ausschleifung in der Nähe der Fixpunkte 3 und 4, in welcher zwei circa 30 m lange und 5—10 m breite, ganz seichte Gletscherwassertümpel auftreten (siehe Tafel X, Fig. 2), während ein dritter weiter südlich bei 1266 am Rand des Eises erst halb aufgedeckt ist und einen Merjelensee im Kleinen darstellt (vide Plan bei b). Erwähnenswert sind noch die Karrenlöcher und die Spur eines Riesentopfes am Pfad vom Châlet Schläppi zur Eishöhle.

Begeben wir uns auf den durch die Lütschine in zwei Teile zerschnittenen „unteren Schopf", so haben wir hier dieselben Rundbuckel und zum Teil mit Wasser angefüllten Karrenlöcher, die die Oberfläche sehr uneben gestalten. In der Mitte ist auf dem Plan ein alter Wasserlauf durch einen Pfeil angedeutet, der vordere Steilabsturz zeigt intensive Gletscherwirkung.

Auf der rechten östlichen Seite der Lütschine treten bei den Fixpunkten 7, 11 und 12 gut entwickelte Gletscherschliffe und Schrammen auf, und unterhalb des Châlet Inäbnit kommen glaciale Kanellierungen und Furchen vor, in welche man die Hand oder sogar den ganzen Arm hineinlegen kann (Tafel X, Fig. 1).

Die auffallend unebene, höckerige, Löcher, Trichter, Karren und Furchen zeigende Oberfläche der Schöpfe ist für das Studium der Eis- und Wassererosion, sowie der Verwitterungsvorgänge sehr geeignet. Diese Agentien haben hier gemeinsam gearbeitet; alte trockene Wasserrinnen sind zum Teil mit Pfeilen angedeutet. Verwitterte und und karrig gewordene alte Riesentöpfe sind von Karrentrichtern zum Teil schwer zu unterscheiden. Jene erkennt man an Resten von Schraubengängen und Mahlsteinen, sie sind im Ganzen weniger häufig, als man nach der Mühlentheorie erwarten sollte.

Beide Schöpfe bestehen aus Hochgebirgskalk (zum Teil Tithon) nach Mösch. Auf dem unteren, südwestlich des unteren Châlet, befindet sich die bekannte metamorphische Marmorbreccie[1]), die, weniger schön, auch noch auf der linken Lütschinenseite ansteht und in den Hochgebirgskalk übergeht. Von hier stammen die behauenen Blöcke des Berner naturhistorischen Museums, die, lange Zeit unter Eis verborgen, beim Rückgang des Gletschers wieder zum Vorschein kamen.

Charakteristisch für die beiden Schopfwände ist es, dass ihre vorderen Abstürze im rechten Winkel aufeinander zulaufen und dass die obere nicht, wie die untere es thut, über die Schlucht herübersetzt.

Dieselbe Schopfbildung im Kleinen tritt auch noch im 20—25 m hohen, einen Rundhöcker darstellenden Burgbühlschopf (in der rechten unteren Ecke der Karte), sowie südlich desselben, bei der Quote 1020, hervor.

Die geschilderte obere Region des Gletscherbodens ist bezüglich der Vegetation trotz aller Geschiebsführung und felsigen Unterlage doch durch viele Alpenpflänzchen charakterisiert, die zum Teil von oben durch den Gletscher heruntertransportiert wurden, als vorgeschobene Posten der alpinen Region.

---

[1]) Vergl. Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. 1877.

2. Die alten Endmoränen.

Wo die Lütschine aus ihrem Felsenthor austritt, beginnt der flache Thalboden von Grindelwald, der durch das Moränengehügel die ihm eigentümliche Mannigfaltigkeit des Reliefs erhält. Erlenwald und weiterhin Waidland breiten sich aus; grössere Flächen sind durch den Gletscher und die Lütschine mit Geschieb bedeckt.

Die äussersten auf dem Plan noch sichtbaren Endmoränen liegen als kleine wenige Meter hohe Hügel im Erlenwald neben dem Pfad nach Aspi. Sie sind nach den Aussagen älterer Leute, wie des 70jährigen Gottlieb v. Almen und des Ulrich Bohren älter als die Moränen der Fünfzigerjahre und demnach dem Hochstand von 1822 zuzuschreiben. Zerstückelt wurden sie durch die umherschweifende Lütschine und ihre Nebenbäche. Dass der Gletscher damals nicht lang verweilte, beweist die unbedeutende Ablagerung.

In zirka 80 m Entfernung nach rückwärts liegen die Endmoränen von 1855. Dieselben bilden zwei Gruppen auf beiden Seiten der Lütschine und stellen ein ziemlich kompliziertes Gehügel dar, von dem meine Karte nur ein mangelhaftes Bild giebt. Wahrscheinlich liegen hier zum Teil schon ältere Ablagerungen zu Grunde und es war die Aufschüttung eine ziemlich unregelmässige. Auf der rechten Lütschinenseite fällt der unregelmässige Moränenrücken in der Nähe des Gehöfts „beim Gletscher“ auf, der einem vierblättrigen, gestielten Kleeblatt gleicht. Derselbe ist 10 m hoch und fällt, wie die Endmoränen überhaupt, nach aussen flach, nach innen, gletscherwärts, steiler ab. Durch Verbindung mit den einzelnen Moränenstücken weiter westlich erhalten wir vier successive Wälle, die „beim Gletscher“ miteinander verschmolzen sind. G. v. Almen erzählte mir von Durchbrüchen der Lütschine dort, wo die Erfrischungshütte steht, so dass das Vieh in naheliegenden Ställen gefährdet ward. Solche Durchbrüche erklären die Unterbrechung der einzelnen Moränenzüge.

Auf der linken Lütschinenseite ist durch den Verlauf der Kurven 990 und 985 ein bogenförmiges Moränenstück angedeutet. Nur der innere, mit erratischen Blöcken bedeckte Moränenabschnitt ist eingezeichnet, es existiert aber noch ein zweiter, der Kurve 985 folgender, welcher in mehrere Teile zerfällt, so dass ein recht unregelmässiges Gehügel entsteht, von dem der Plan allerdings keine genügende Vorstellung giebt.

Der äusserste Bogen ist in den kleinen Hügeln bei der Kurve 980 erhalten. Die bis zu 14 m Höhe aufgeschütteten inneren Partien sind durch die Lütschine stark unterbrochen, ich verbinde sie zur einheitlichen Moräne, wie der Plan es angiebt. Sie stammen nach den oben genannten Gewährsmännern aus den Fünfzigerjahren, gehören also dem zweiten Gletscher-Hochstand dieses Jahrhunderts an.

Das Gehöft „beim Gletscher“ wurde mir von allen Seiten als dasjenige bezeichnet, bei dem um 1860 die Eisgrotten sich befanden, es wurde von einem Ulrich Schlunegger gebaut, um eben das Eisgrottengewerbe zu betreiben, nachdem die Ansicht die Oberhand gewonnen hatte, dass die künstlichen Grotten die natürlichen zugänglich

gemachten Spalten an Schönheit und Zweckmässigkeit übertreffen. Der Gletscher ging damals nach Mitteilung der alten Frau Schlunegger einerseits bis zum Burgbühlschopf und zur alten Moräne, andererseits bis zur Nellenbalm. Es wurden per Jahr drei Grotten gemacht, zuletzt waren die grossen Blöcke hinderlich.

Nach v. Almen existierte noch früher die Eisgrottenhütte von Christian Almer, nur circa 20 m abwärts des oben genannten Gehöftes (vergl. Plan) und es befand sich vor 1855 eine Hütte mit Grotte auch beim oben genannten Burgbühlschopf.

Um auch noch eine urkundliche Bestätigung zu gewinnen, habe ich die Fertigungsprotokolle der Gemeinde Grindelwald nachgelesen und darin zwei bezügliche Kaufverträge gefunden. Nach dem ersten vom 26. Juni 1863 verkauft Gottlieb Almer am Burgbühl an Ulrich Schlunegger „einen Bezirk Land (Kiesgrund), welcher teils mit Schutt überführt und teils vom Gletscher bedeckt ist“, um 1071 frs. 43 ctm. Dieser Bezirk hält für 1/4 Kuh Winterung.

Nach dem zweiten vom 23. Oktober 1867 verkauft Ulrich Schlunegger, „Wirth beim Gletscher, an Johannes Schlunegger eine Weide im Aspi oder beim Gletscher mit darauf stehendem Wirtschaftsgebäude“, welche für 1/2 Kuh Winterung enthält, um den Preis von 1600 frs.

Hiermit stimmt die obige mündliche Angabe, dass das Gehöft im Gletscher 1864 errichtet wurde und der Gletscher kurz hinter, südöstlich desselben sich befand, gut überein.

Aus allem Gesagten ergiebt sich also das Alter der zwei äussersten Moränenzüge zu 1822 und 1855. Eine ältere, wahrscheinlich von Braun angefertigte Photographie, mit der Aufschrift „5507, Grindelwald, Glacier inférieur en 1858“ ist auf Tafel II reproduziert und zeigt den Gletscher, wie er zu jener Zeit aussah[1]).

3. Die Ufermoränen.

Auf der linken oder Eigerseite setzt bei 1270 eine schöne, alte Ufermoräne von 6—10 m Höhe an. Wo sie beginnt, besonders aber wo der Pfad ihren Rücken betritt, sitzt rückwärts ein zweites, noch älteres Moränenstück jenem unmittelbar auf. Man wird mit der Annahme nicht fehl gehen, dass hier die alte Ufermoräne der Zwanzigerjahre vorliegt, an welche sich in den Fünfzigerjahren eine neue anlagerte, die wir jetzt hauptsächlich sehen, während doch jene ältere sie an Höhe und Volumen übertraf. Diese Doppelmoräne bricht über der Nellenbalm plötzlich ab. Erst weiter unten tritt eine weniger bedeutende Ufermoräne auf, welche am Ende umbiegt und sich, wie es scheint, mit der Endmoräne von 1855 in Verbindung bringen lässt. Wo jenes Abbrechen stattfindet, ist am Fuss der Nellenbalm mehrfach Grundmoräne in die Höhlungen dieser Balm eingefüttert.

---

[1]) Man vergleiche damit das Maximum eines Rückzugs auf Tafel I.

Auf der anderen oder Mettenberg-Seite setzt die alte, circa 6—10 m hohe Ufermoräne bei 1230 m an und bricht bei 1140 m ab. In etwa 20 m Entfernung thut sich ein unteres längeres Moränenstück auf, welches nach oben deutlich einbiegt, also nicht nur durch Erosion vom oberen Stück abgetrennt ist. Unten lässt es sich ungezwungen mit den Moränen der Fünfzigerjahre verbinden. Vielleicht existiert ausserhalb des genannten Abschnittes ein dem oberen Ufermoränenwall entsprechendes Stück, welches mit ihm zusammen zur Moräne von 1822 gehört.

Auf beiden Seiten werden die Ufermoränen nach unten niedriger. Auf der rechten Seite sinkt die Höhe von 10 bis auf 5 m und weniger herab.

Im Laufe dieses Jahrhunderts haben beträchtliche, durch Gletscher und Moränen bedingte Veränderungen Platz gegriffen. So hat nach v. Almen der Gletscher auf der linken Seite zwischen den Kurven 985 und 990 ein spornartig vorspringendes Fichtenwaldstück weggedrückt. Das nach Mitteilung von Ulrich Bohren zur Alpenruhe der Pfarrei zur Nutzniessung angewiesene und dem Kloster Interlaken gehörende „Pfrundland“ (vergl. Plan) wurde definitiv vom Gletscher und seinen Geschieben annektiert, das ehemalige Kegelwäldli des Planes, eine Rottannenparzelle, (siehe Plan bei der Höhenquote 987,6 m) ist wohl dem Vorrücken der Fünfzigerjahre zum Opfer gefallen. Die Lütschine oder Arme derselben sind bald da bald dort durchgebrochen. Ein solcher Durchbruch bei der Erfrischungshütte wurde schon oben erwähnt und auch die Zerstückelung der Endmoränen auf der linken Seite rührt daher. Nehmen wir z. B. um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts, auf Grund eines Aquarells von Aberli, den Gletscher auf dem untern Schopf stehend an, so ist es wahrscheinlich, dass er auf beiden Seiten Abflüsse gehabt haben wird, die sich durch die Endmoränen bald da bald dort einen Ausweg bahnten und ihren Kies ausbreiteten.

Auf dem Kiesboden hat sich, nachdem die Tannenwaldung vernichtet war, die Erle auf dem mit Grün und Braun auf unserm Plan bezeichneten Areal und noch weiter hinaus angesiedelt. Sie vermehrt sich leicht und ist durch rasches Wachstum ausgezeichnet. Diese Erlen werden alle fünf Jahre geschlagen und sind daher ausserhalb der Moränen von 1822 nicht älter und höher, sondern haben im ganzen Thalgrund die gleiche Höhe.

Zweiter Abschnitt.

Der Eisabtrag und seine empirische Bestimmung.

1. Beobachtungen am Unter-Grindelwaldgletscher: Zwei Arten des Eisabtrages, Einfluss von Gesteinsmaterial und Struktur. Felsbecken. Abtrag im Hügelland geschätzt.

Es kann hier nicht meine Absicht sein, auf die weitläufige, vielfach spekulativen Charakter tragende Litteratur über die Erosion von Thälern, Seen, Fjords, Circus durch Gletscher einzugehen[1]).

Dagegen will ich einige direkte Beobachtungen vom unteren Grindelwaldgletscher mitteilen.

Tiefe Hohlkehlen habe ich selten so schön gesehen wie dort, z. B. bei den Fixpunkten 12, 11, 8 unterhalb des Châlet Inäbnit, (vergl. Tafel X, Fig. 1) ferner an der Wand bei 7 und in ihrer Fortsetzung. Besonders schön waren sie aber am Rauftbodenband (nur für schwindelfreie Bergsteiger), wo sich eine solche 100 Schritt weit verfolgen lässt (Tafel V und VI).

Diese Hohlkehlen erreichen eine Tiefe bis zu cirka 80 cm bei 60 cm Breite und mehr.

Die Schrammen sind manchmal bis zu 12° aufwärts gerichtet; der Gletscher stieg also an, was vermehrte Erosion an solchen Stellen wahrscheinlich macht[2]).

Das genaue Studium der Felswände am Unter-Grindelwaldgletscher ergab zwei Arten der Eiserosion[3]). Die eine ist die gewöhnliche glättende Abschleifung und jedermann bekannt, die andere ist weniger bekannt und zum Teil kontrovers. Sie besteht in Abreissung und Absplitterung von Fragmenten durch den Gletscher, besonders an den seitlichen Gehängen. Die betreffenden Wände sehen aus wie zerhackt (Tafel VII u. IX). Zweierlei ist für diese Korrosion massgebend: 1. die Gesteinsart und 2. das Gefüge. Sie tritt daher ein, wo an Stelle des massigen, grobbankigen Kalkes schiefriger Kalk sich einstellt und ferner dort, wo das Gefüge des Gesteins durch Fältelung und Clivage gestört ist.

---

[1]) Vergl. hierüber vor Allem Heims Gletscherkunde p. 374 ff. und Pencks Morphologie der Erdoberfläche II pag. 254.

[2]) Auch kommen unter verschiedenen Winkeln geneigte Schrammensysteme vor (Tafel IV, Fig. 2).

[3]) Vergl. meine erste Mitteilung hierüber unter Vorweisung des Planes in den Verhandlungen der schweiz. naturf. Gesellsch. in Basel 1892, in den Archives des sciences phys. et nat. 1892, XXI und in der Zeitschrift für prakt. Geologie 1893.

Daselbst bewirkte nun der Eisdruck, unterstützt von Frost und Verwitterung, ein Absplittern meist in kleineren, aber auch in grösseren eckigen Fragmenten, und in einigen Fällen beobachtete ich Defekte bis zu 1 m³, die ich ausgerissenen oder abgequetschten Stücken zuschreibe (Tafel VI, Fig. 2).

Bohrlöcher an solchen Stellen anzubringen, erwies sich meist als unmöglich, weil auch bei dieser Art künstlicher Einwirkung der Fels durch Absplittern reagiert.

Diese Art der splitternden Erosion, wie ich sie in meiner ersten Mitteilung nannte, ist keineswegs vereinzelt, sie wurde an vielen Stellen des Gletschers nachgewiesen. Sie wird leichter an den Seiten als in der Grundlage beobachtet. Sie fehlt aber auch hier nicht, z. B. in der Nähe der Eisgrenze (Fixpunkt 13) oder an der oberen Schopfwand. Besonders schön ist sie aber am schwierig zu begehenden Rauftbodenband entwickelt, wo der Eisdruck auf die felsige Seitenwandung ein Maximum erreichte. Hier wechseln geschieferte Kalkfelsen mit kompakten in ziemlich horizontaler Lagerung ab. Erstere erlitten die splitternde Denudation, letztere die glättende, mit gegenseitiger scharfer Abgrenzung.

Dieses Verhältnis erschien mir so charakteristisch, dass ich einige photographische Aufnahmen machen liess, die besser als Worte die Erscheinung erläutern (Tafel VII u. IX). An einigen Stellen ist durch rinnendes Wasser oder Verwitterung der glatte Fels rauh und uneben geworden (Tafel IV, Fig. 1, Taf. VI, Fig. 2); sie können nicht zu Verwechslungen führen, denn sie verlaufen häufig streifig von oben nach unten, während die Grenzen von glättender und splittriger Erosion sich genau an Gesteinsart und Schichtfugen halten. An anderen Stellen lassen sich älterer und jüngerer Gletscherschliff unterscheiden (Tafel VIII, Fig. 1).

Da die gesplitterten Stellen im Kalkschiefer und glatten Stellen im kompakten Kalk nicht wesentlich gegeneinander hervorragen, so hat die schleifende Wirkung hier ungefähr denselben Betrag wie die splitternde erreicht. Es wäre voreilig, hohe Beträge für die splitternde Erosion anzunehmen. Darüber kann nicht die Spekulation, sondern nur die exakte Untersuchung entscheiden.

Die splitternde Wirkung ist nicht auf das Gebiet des Unter-Grindelwaldgletschers beschränkt; ich habe sie seither an mehreren Orten beobachtet, z. B. am linken, östlichen Ufer des Rhonegletscherendes. Sie ist eine allgemeine Erscheinung[1]).

Folgende Gesteinsarten mögen ihr ceteris paribus besonders unterworfen sein: Gneiss, Glimmerschiefer, Phyllite, schiefriger Verrucano, die schiefrigen Gesteine der Trias, Oxfordschiefer und schiefrige Kalke des Malm, die Berriasschiefer, Knollenkalk, Aptienmergel, Flysch.

---

[1]) Ich glaube, Heim unterschätzt dieselbe, wenn er (Gletscherkunde pag. 401) sagt: Ein Ausarbeiten des anstehenden Felsgrundes in Form von Gesteinsbrocken kommt gar nicht oder nur in ganz untergeordnetem Masse vor." Oder wenn er (ibidem pag. 399) die Möglichkeit direkter Abtrennung nur „als Ausnahme" zugiebt. Zu dem Satz: „Die Grundmoränen stammen bei sehr vielen Gletschern zum grössten Teil von Obermoränen ab" (pag. 400), ist es noch nicht an der Zeit Stellung zu nehmen, da wenig exakte Beobachtungen hierüber gemacht worden sind.

Dagegen wird man sie ceteris paribus nicht oder weniger zu erwarten haben bei den massigen Eruptivgesteinen, den massigen Kalken und Dolomiten der Trias, dem Kieselkalk des Lias, den kompakten Kalken des Malm, dem Kieselkalk und Schrattenkalk der Kreide.

Klüftigkeit und tectonische Störungen modifizieren natürlich dieses Schema.

Ueber den Einfluss der Schichtstellung ist zu bemerken, dass das Eis weniger auf Schichtflächen angreifen wird, wie wenn es die Fugen anpacken kann.

In neuerer Zeit ist die Frage der Eiserosion besonders mit der Seebildung in Zusammenhang gebracht worden[1]).

Es kommt aber, meine ich, weniger darauf an, ob dieser oder jener See in den bayrischen Voralpen oder anderwärts noch durch Exkavation oder Reexkavation gebildet sein könnte, als vielmehr darauf, den Betrag des Eisabschliffes empirisch festzusetzen. So gestellt ist die Frage nur zu beantworten:

a) durch exakte Versuche.

b) durch sorgfältige Untersuchung der vom Gletscher erzeugten, lokalen Grundmoränen mit Bezug auf Verbreitung, Zusammensetzung und Mächtigkeit.

Bezüglich *b* wurde an anderer Stelle Näheres mitgeteilt[2]). Es ergab sich im Molassegebiet die Anwesenheit von sandigen und merglichen, lokalen Grundmoränen mit gekritzten Geschieben, die auf Eisdenudation bezogen werden müssen und deren Mächtigkeit einen Masstab für dieselbe bildet.

Ich halte nach meinen Beobachtungen jetzt den Eisabtrag für etwas grösser, als er mir vor 25 Jahren[3]) unter Rütimeyers Einfluss erschien. Man hat viel und übertrieben von der thalfurchenden Wirkung der Gletscher gesprochen und zu wenig von dem grossartigen, horizontalen Abtrag. Dieser geht aus der thatsächlichen Abhobelung unserer Molasse überzeugend hervor. Der Flächenraum, den der Nordostarm des Rhonegletschers zwischen Jura und Alpen zur Zeit des höchsten Standes einnahm, betrug 11500 km^2.

Nehmen wir an, der Betrag der Denudation hätte 5 m ausgemacht, was in Anbetracht der Mächtigkeit der Lokalmoräne nicht übertrieben scheint, so erhalten wir als Gesamtabtrag 57500 km^3.

Der Kubikinhalt des Belpbergs über dem Aarethal beträgt nur circa 2,29 km^3, der Kubikinhalt des Glärnisch im Kanton Glarus (inkl. Sockel) macht $40^1/_2$ km^3 aus.

Demnach übertrifft bei obiger Annahme die Eis-Denudation im schweizerischen Hügelland die Masse des Glärnisch um das 1420fache, die des Belpbergs um das 25000fache.

---

[1]) „Ausschleifung seichter Mulden in festerem Fels", sagt Heim, „halte ich für denkbar, obschon auch hier der direkte Nachweis fehlt." Dem möchte ich mich nachdrücklich anschliessen und hinzufügen, dass eine solche Mulde auf der Eigerseite zwischen dem Châlet Schläppi und dem Gletscher thatsächlich existiert (vergl. Tafel X, Fig. 2 und oben pag. 2).

[2]) „Der diluviale Aargletscher". Lfg. XXX der Beiträge zur geol. Karte d. Schweiz pag. 112.

[3]) „Der Glärnisch, ein Problem alpinen Gebirgsbaues", pag 65.

Gewiss ist die Abnutzung durch Eis in unseren Alpenthälern im Verhältnis zur Wassererosion gering; wo dagegen der Gletscher im Hügelland und in der Ebene auf breiter Fläche wirken konnte, da muss man wohl seiner Denudation eine grosse Bedeutung zuschreiben[1]).

Schliesslich möchte ich nochmals betonen, dass die Frage der Eiserosion pendent ist, ich glaube für meinen Teil weder an ganz geringe noch an sehr grosse Beträge und erwarte die Lösung von möglichst vervielfachten, exakten Bestimmungen, deren Anhandnahme allen Glacialgeologen dringend empfohlen sein mag.

2. Methode zur empirischen Bestimmung der Eiserosion. Vorkehrungen am Unter-Grindelwaldgletscher.

Man bringt an geeigneten Stellen vor dem in einer Vorwärtsperiode befindlichen Gletscher Bohrlöcher von genau bestimmter Tiefe an. Geht nun der Gletscher über dieselben hinweg, so hobelt er einen gewissen Betrag von der Felsfläche herunter, den man später, nachdem der Gletscher zurückgewichen, durch Nachmessung der Bohrlöcher ermitteln kann[2]).

Es ist dies ein Experiment, für welches der Gletscher selbst angestellt wird, welcher gleichsam die Rolle des Experimentators übernimmt. Hierin liegt ein Vorteil, andererseits aber der Nachteil, dass man um den Betrag einer Vor- und Rückwärtsperiode warten muss, um den Effekt zu sehen[3]).

Für einen solchen Versuch[4]) schien der Unter-Grindelwaldgletscher sich in verschiedener Beziehung gut zu eignen. Seine Unterlage besteht aus dem häufigsten Ge-

---

[1]) Vergl. Lfg. XXX der Beiträge etc., pag. 25 ff.

[2]) Swerinzeff hat in einer Arbeit „zur Entstehung der Alpenseen" (von mir in den Eclogae geol. Helv. V. Nr. 3, 1897 besprochen) die Behauptung a priori aufgestellt, die Erosion werde bei meinen Versuchen keinen irgendwie namhaften Effekt haben, weil der Unter-Grindelwald-Gletscher parallel der Sohle verlaufe. Meine Absicht ist es nun aber, die gewöhnliche, flächenhaft sehr beträchtliche, linear nicht unbeträchtliche Erosion empirisch zu messen, welche der Gletscher in engen Thälern auf seine Unterlage ausübt. Ich überlasse es gern Herrn S., besondere Versuche zur Prüfung seiner problematischen Eiskolk-Hypothese zu unternehmen. In keinem Falle macht eine aprioristische Hypothese exakte Messungen unnötig, mag der Abtrag nun gross oder gering sein. Thatsächlich übt der keineswegs geradlinig verlaufende Gletscher recht namhafte Wirkungen aus. Herr S. sehe sich die an 80 cm tiefen Furchen an der Mettenbergseite oder die oben erwähnte, wohl auf Eiserosion zu beziehende Wanne auf der Eigerseite an.

[3]) Sollte ich nun nicht selber in die Lage kommen, mich vom Erfolg zu überzeugen, so ist es Sache der Nachkommenden, die Kontrollbeobachtungen zu machen, das Resultat festzustellen und zu veröffentlichen. Ich hätte es vorgezogen, mit dieser Publikation zu warten und die bisherigen Daten an geeigneter Stelle zu deponiren, allein dieser Modus erschien mir zu unsicher, da Manuskripte leichter verloren gehen und vergessen werden als fertige Drucksachen, die in die Hände Vieler gelangen.

[4]) Neu ist die Idee nicht; denn ich sehe nachträglich, dass schon Heim in seiner Gletscherkunde pag. 355 dieselbe ausgesprochen hat.

stein der Kalkalpen, dem gewöhnlichen Alpenkalk (Malm). Der Befund ist also massgebend für grosse Gebiete. Da sämtliche Probierlöcher im Alpenkalk niedergebracht sind, lässt sich der Unterschied in der Intensität der Wirkung an weit von einander liegenden Stellen beurteilen. Unser Gletscher hat ferner ein starkes Gefäll, ein enges, etwas gewundenes Bett, eine abwärts der Steglauene vorspringende Felspartie, um die er sich herumwinden muss, alles Momente, die eine namhafte Eiserosion voraussehen lassen.

Eine unentbehrliche Grundlage war die Erstellung einer genauen topographischen Karte des Gletscherbodens. Diese Arbeit habe ich auf meine Kosten Herrn Geometer Hofer übertragen, die geologischen Daten wurden unter meiner Leitung eingezeichnet. Diese Karte ermöglicht es, später die Bohrlöcher zur Bestimmung der Eiserosion sicher wieder aufzufinden, und wenn das eine oder andere unter hohen Schuttmassen begraben würde, so bleiben noch genug übrig, um ein Resultat zu erzielen.

Es wurden 15 auf dem Plan mit blauen Ziffern angegebene Bohrlöcher auf dem vom Eis verlassenen Gletscherboden und an den Seitenwandungen angebracht; Tiefe derselben 1—2 m. Jede Position ist mit Berücksichtigung aller Verhältnisse (sichtbare starke Abnützung, leichte Wiederauffindbarkeit etc.) gewählt. Für einige dieser Fixpunkte wurden kleine Gerüste notwendig. Zur exakten Tiefenbestimmung habe ich ein stählernes Tiefenmass für enge Bohrungen mit Millimetereinteilung und Nonius verwendet. Die Ausfüllung der Bohrlöcher geschah zu unterst mit verschieden gefärbtem Gyps, darauf wurde eine Lage mit kräftiger Mineralfarbe grün (gr) oder blau (bl) gefärbten Thones gesetzt und hierauf folgte als Abschluss ein Deckel von Cement. Dadurch soll das Loch geschützt und die Wiederauffindung erleichtert werden. Ein altes Loch bei 11 wurde mit Sand und Kies gefüllt und ist dadurch vom Bohrloch 11 zu unterscheiden.

Tiefe der Bohrlöcher.

Nr. des Bohrlochs.	Tiefe.		Nr. des Bohrlochs.	Tiefe.	
1	95,00	bl	9	109,61	gr
2	101,42	gr	10	100,17	gr
3	101,67	bl	11	102,15	bl
4	104,00	gr	12	104,71	gr
5	101,71	bl od. gr	13	141,32	gr
6	198,88	bl	14	193,71	gr
7	103,64	gr	15	100,00	bl
8	103,88	gr			

Tiefer als 1—2 m zu gehen, schien mir vorläufig unnötig. Denjenigen, die höhere Beträge vermuten, bleibt es unbenommen, noch einige weitere Löcher anzubringen.

Dritter Abschnitt.

Die periodischen Veränderungen des unteren Grindelwaldgletschers seit 1892.

Zum besseren Verständnis des Folgenden beginne ich mit einigen historischen Notizen nach Forel und besonders nach Richters[1]) historisch-kritischen Aufschlüssen:

Um 1600 starker Vorstoss der Grindelwalder Gletscher (nach dem Grindelwalder Pfarrbuch) und Dauer höheren Standes nach Kasthofer bis 1620. Anno 1600 reichte der untere Gletscher einerseits bis zum Burgbühlschopf und auf der anderen Seite bis um einen Steinwurf von der Schüssellauene entfernt. Die Lütschine wurde abgedrängt.

Starker Vorstoss am Beginn des 18. Jahrhunderts, etwa von 1703 ab (wo nach Gruner die Pfarrwiese zerstört wurde), mit Maximum gegen 1720; darauf Abnahme.

Neuer kurzer und unbedeutender Vorstoss um 1743, hierauf sogleich starker Rückgang. 1770—1779 Vorstossperiode. Der untere Gletscher steigt ins Thal bis zur Kiesebene der Lütschine hin.

Die letzten verbürgten Vorstossperioden mit dazwischen liegenden Rückwärtsperioden sind folgende:

1770—1779 Vorstossperiode.
1814—1822 „
1840—1855 „

Von da ab bis 1868 verringerte sich die Dicke des Eismeeres um circa 35 m.

1855—1881 Rückzugsperiode des oberen Gletschers (nach Forel); der untere Gletscher begann gegen 1860 zurückzugehen, nachdem er die zerstückelte, jetzt bewaldete Endmoräne in der Nähe des Gehöftes „beim Gletscher" aufgeworfen hatte[2]). Hier befand sich damals die Eisgrotte, 680 m vom heutigen Gletscherende entfernt.

An den Gehängen der Faulhornkette reichten die alten Grindelwaldgletscher, nach den Blöcken zu schliessen, bis 1600 m empor. Alter Gletscherschutt und Findlinge treten reichlich im Becken von Grindelwald auf, z. B. bei Alp Alpiglen (Weg nach der kleinen Scheidegg), 560 m über Grindelwald. Erratische Gneissblöcke kommen z. B. vor bei Trichelegg, Blatti, beim Bussalpbach und an vielen anderen Orten.

---

[1]) Geschichte der Schwankungen des Alpengletschers. Zeitschrift des deutschen und österreich. Alpenvereins 1891. Band XXII.

[2]) Vergl. Tafel II.

Im Sommer 1892 sollte der Gletscher nach den Rapports von Forel wieder vorgehen; ich glaubte daher den günstigen Zeitpunkt für Instandsetzung der Versuche gekommen und setzte sie ins Werk. Genauere Beobachtungen ergaben jedoch, dass der Gletscher zurückging und bis heute 1897 immer noch weiter zurückgeht (Taf. I).

Dieselben wurden an der Eisgrenze auf der Mettenbergseite angestellt und an den Fixpunkt 14 angeschlossen, an dessen Stelle später eine eiserne Stange angebracht wurde. Die folgende Statistik beruht, abgesehen von einigen gemeinsamen Beobachtungen, ausschliesslich auf den Beobachtungen von Herrn Sekundarlehrer Stump in Grindelwald, der sehr fleissig und pünktlich sich der regelmässigen Beobachtung unterzogen hat. Ich spreche ihm an dieser Stelle meinen herzlichen Dank für seine Bemühungen aus.

Der Arbeitsplan bezog sich auf die folgenden Punkte:

1. Veränderungen im Längenwachstum der Gletscherzunge bei Fixpunkt 14.
2. Veränderungen im Dickenwachstum (Ablation) am Rauftbodenband.
3. Bestimmung der Ablation bei der Bäregg circa 1300 m vom Fixpunkt 14 entfernt.
4. Bestimmung der monatlichen Schwankungen der erwähnten Gletscherzunge im Lauf eines Jahres.

Die Verkürzung und Verlängerung des Gletscherendes genügt nach meiner Ansicht nicht, um das Vor- und Rückwärtsschreiten festzustellen. Dafür ist die Kontrolle durch Bestimmung der Mächtigkeitsveränderung unumgänglich notwendig. Ohne diese Kontrolle halte ich Irrtümer in der Feststellung der Perioden für möglich und erscheinen mir daher die vom eidgenössischen Forstinspektorat veranlassten Beobachtungen an der Zunge des Gletschers ungenügend.

Insbesondere kann man auch leicht durch den winterlichen Vorstoss, der oft die Moräne frisch aufwühlt, irre geführt werden. Denn dieses erfolgt auch fortwährend innerhalb einer Rückzugsperiode. Die auffallende Angabe, dass der benachbarte Ober-Grindelwaldgletscher im Vorrücken begriffen sei, während doch der untere stets noch zurückgeht, erklärt sich vielleicht durch diesen Umstand.

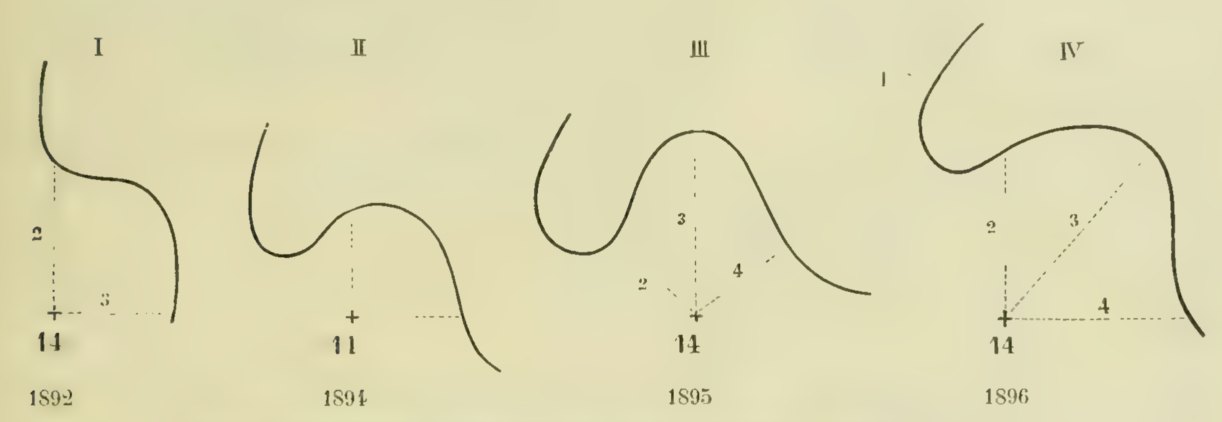
Zum Verständnis der Tabelle diene folgendes:

Die gemessene Eiszunge stellt nur einen kleinen Teil, circa $^1/_7$ des ganzen Gletscherendes dar, sie ist ungefähr 50 m breit (Taf. III a); die wünschbare Messung des ganzen Gletscherendes vorzunehmen, war bei den gegebenen Terrainverhältnissen unmöglich. Unsere Resultate gelten also zunächst nur für diese gemessene Zunge. Da sich nun dieselbe, wie die aus verschiedenen Jahren stammenden Figuren I—IV zeigen, in der Form merklich veränderte, wurden zuerst zwei, dann vom Oktober 1894 ab drei, vom Januar 1896 vier Messungen mit dem Messband gemacht (die vierte bedeutet den Abstand von der seitlichen Felswand, oben).

Marken unter dem Rauftbodenband[1]). Wo ich 1892 mit Herrn Lehrer Stump

[1]) Das schmale Rauftbodenbändchen ist ein Felsgesims, welches unterhalb des Bäreggwegs gegen den Gletscher hinführt, der hier, in Zeiten höheren Eisstandes als jetzt, betreten werden kann. Es liegt gletscherabwärts von der Steglauene und ist nur geübten und schwindelfreien Gängern zugänglich.

und Führer Roth vom Rauftbodenband aus den Gletscher betrat, wurde Marke I in den Kalkstein gemeisselt; 3,30 m darüber die Marke II (nicht weiter verwendet). Das Zeichen + befindet sich circa 150 Schritt gletscherabwärts von I. Die Zeichen sind wenig tief und daher vergänglich. Im August 1892 befand sich der Gletscher 4 m unter der Kreuzmarke, 1889 dagegen 12 m (nach Führer Roth), Differenz 8 m.



Formen der gemessenen Eiszunge am Unter-Grindelwaldgletscher, nach Stump.

Die Marken bei der Bäregg befinden sich an der rundlichen, gelbgeaderten Kalkwand unterhalb der unteren, zum Eismeer führenden Treppe. I war 1893 3 m vom Gletscher entfernt und 2,8 m über demselben. Das Zeichen + stand damals 12,5 m über dem Gletscher. Die drei ersten auf die Bäregg bezüglichen Ziffern der Tabelle waren ursprünglich auf Marke I bezogen, welche (entlang der Felswand) 9,75 m unter der Kreuzmarke liegt. Vom Januar 1895 wurde direkt auf die Kreuzmarke, der etwas schrägen Felswand entlang, eingemessen.

Auf folgender Seite gebe ich die Zusammenstellung der Beobachtungen, die sich auf die oben geschilderte Eiszunge am Ende des Gletschers und den Eisstand, circa 300 m (Rauftboden) und 1300 m (Bäregg) weiter aufwärts beziehen.

Schlüsse aus den in der Tabelle zusammengestellten Beobachtungen.

Seit 1892, dem Beginn der Beobachtungen, ist der Unter-Grindelwaldgletscher im Rückzug begriffen; 1896 und 1897 scheint es, als ob er nahezu stationär bliebe und die Intensität des Rückzugs abnähme. Es ergiebt sich dies aus dem Rückzug der Zunge (Col. 1—5) und aus der Dickenabnahme (Col. 7 und 8).

Der sommerliche Rückgang im Jahre 1895 (von Beginn des Rückzugs bis Beginn des Vorstosses gerechnet) betrug circa 23½ m, anno 1896 nur cirka 10½ m.

Tabelle über Längen- und Mächtigkeitsveränderungen des Unter-Grindelwaldgletschers.

Zahlen in Metern.

	Abstand des Fixpunktes 14 von der Gletscherzunge (Vergl. die Figuren pag. 13)					Höhe d. Marke I über dem Gletscher am Rauftbodenband	Höhe d. Marke + über dem Gletscher am Rauftbodenband	Höhe d. Marke + über dem Gletscher an der Bäregg	Bemerkungen
	1	2	3	4	Mittelwert	6	7	8	
1892. 2. Aug.	—	—	0,8	—	—	—	4	—	Vom Aug. bis Sept. 1892 sinkt das Gletscherniveau im Rauftbodenband um 3 m. Im Winter 92/93 geht die Eiszunge von Oktober bis Februar um 21 m vor und schiebt die kleine Steinpyramide bei Fixpunkt 14 um 1 m zurück.
« Okt.	—	—	19	15	17	—	—	—	
1893. 16. Sept.	—	21,5	—	15	18,25	4	—	12,55	Am 19. Sept. 1893 betrug der geradeAbstand des Fixpunktes 5 auf der Eigerseite vom Gletscherrand 27,3 m.
1894. 7. Jan.	—	14	—	8,1	11,05	—	—	12,35	
« 9. April	—	12	—	7	9,5	5	—	11,75	
« 12. Mai	—	9	—	1,5	5,25	5	2	—	Am 19. Mai 1894 wurde 1 m südlich vom Fixpunkt 14 ein $2^1/_2$ m hoher Eisenstab eingepflanzt auf den alle Messungen bezogen sind.
« 10. Juli	—	25	—	11	18	5	4	12,75	Beginn des Rückzugs im Mai oder Juni.
« 31. Okt.	—	21,9	38,6	26,3	28,93...	—	—	—	
« 15. Dez.	—	17,3	34,7	21,8	24,6	Differenz der Mittelwerte	—	—	
1895. 13. Jan.	—	16	31	17,8	21,6		11	19	
« 10. Febr.	—	15	27	17	19,66...	+ 2,04	10	16	
« 16. März	—	14	24	16	18	+ 1,6	—	—	
« 11. April	—	13	20,3	14,4	15,9	+ 2,1	8,3	13,5	
« 4. Mai	—	12	15,5	13,5	13,66...	+ 2,4	6,5	11	
« 11. Mai	—	11,5	15,5	13,5	13,5		—	—	
« 18. Mai	—	11	14,2	13	12,73...		—	—	
« 25. Mai	—	10,5	13	12,4	11,96...	+ 1,9	—	—	
« 1. Juni	—	10,5	12,7	11,9	11,7		—	—	
« 8. «	—	10,6	12,7	11,5	11,6		—	—	Beginn des Rückzugs zwischen 8. und 15. Juni.
« 15. «	—	11,2	13,5	11,6	12,1	— 3,3	—	—	
« 7. Juli	—	13,5	18,5	12,7	14,9		9,5	14,6	
« 4. Aug.	—	25,9	19,9	21,5	22,43	— 7,5	11,3	20,3	
« 8. Sept.	—	27,3	39,8	30,2	32,43	— 10	13,3	21,5	
« 5. Okt.	—	28,5	42	28	32,83	— 0,4	14	19	
« 6. Nov.	—	36	40,8	28	34,93	— 2,1	14	19	Beginn des Vorstosses im November.
1896. 4. Jan.	13	23	31	25	23		—	—	
« 6. Febr.	11,7	22,5	30	22,5	21,67	+ 1,33	—	—	
« 3. März	10,5	21,9	29,2	19,7	20,32	+ 1,35	—	—	
« 7. April	9,6	21,3	28	15,8	18,67	+ 1,65	—	—	
« 10. Mai	7,8	20,8	27,2	12,3	17,02	+ 1,65	—	—	Beginn des Rückzugs Ende Mai.
« 4. Juni	5,8	21	27,8	14	17,15	— 0,13	—	—	
« 4. Juli	8	26,5	33	20	21,87	— 4,72	13,2	19	
« 2. Aug.	8,5	25,4	39	23,5	24,1	— 2,23	14	20,8	
« 9. Sept.	10	30,8	43	26,5	27,57	— 3,47	14,8	22	Beginn des Vorstosses zwischen 9. Sept. und 10. Okt.
« 10. Okt.	7,1	29,2	41,6	26,3	26,05	+ 1,52	14	22	
« 8. Nov.	4,4	27,6	40	26	24,5	+ 1,55	12,9	22	
« 13. Dez.	2,7	23,6	36	20	20,57	+ 3,93	11	—	Marke bei der Bäregg unter Schnee.
1897. 14. Jan.	2,5	21	31	20	18,5	+ 2,07	9	—	
« 7. Febr.	1,2	18,3	27,1	20	16,6	+ 1,9	—	—	
« 5. März	0,0	17,2	23,0	20	15,05	+ 1,55	—	—	
« 10. April	0,1	13,2	17,5	18,2	12,25	+ 2,80	4,9	18,9	
« 12. Mai	1	9,8	14	15,3	10,02	+ 2,23	4,2	18,4	
« 7. Aug.	10	31,3	39,2	28	27,1		8,8	22,0	
« 8. Sept.	10	31,6	38,5	28,2	27,07	+ 0,03	10,8	23,4	
« 3. Okt.	10,5	31,6	38	28	27,02	+ 0,05	11,0	23,4	Beginn des Vorstosses wahrscheinlich im September.
« 7. Nov.	8,5	30,5	34	28,3	25,3	+ 1,72	11,0	22,4	
« 16. Dec.	5	31	33,6	28,2	24,46	+ 0,84	10,0	—	

Die Dickendifferenz zwischen Juli 1895 und 1896 betrug 4 $^1/_2$, für den November 3 m (Bäregg). Die Dickenabnahme ergiebt sich für 1895—97 zu 3 m und 1,4 m (Beginn des Vorstosses zu Grunde gelegt).

Der allgemeine Rückgang erleidet jeweilig eine Unterbrechung durch den winterlichen Vorstoss. Derselbe betrug 1895/96 circa 18 m. 1894 beginnt der Vorstoss im November oder Oktober, 1895 im November, 1897 wahrscheinlich Anfang Oktober. Genauer bestimmt wurde er nur für 1896 (zwischen 9. September und 10. Oktober). Hier ist er also gegenüber 1895 um mindestens einen Monat früher. Diese Verschiedenheit im Beginn des Vorstosses dürfte ihre Erklärung in den Temperaturverhältnissen finden, wie die folgende Zusammenstellung ergiebt:

Monatsmittel der Temperatur von Guttannen[1] (1070 m).

	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.
1894	8,0	9,4	12,5	15,9	14,4	10,4	6,9° C.
1895	6,7	9,8	13,3	15,7	14,3	14,6	6,7° C.
1896	2,3	7,4	12,5	14,7	11,8	10,6	6,2° C.
Differenz zwischen 95 u. 96	4,4	2,4	0,8	1,0	**2,5**	**4,0**	0,5

Diese Tabelle ergiebt, dass das Jahr 1895 einen abnorm warmen Spätsommer (besonders im September) hatte, womit der späte Beginn des Vorstosses (November) in diesem Jahre und der um 13 m grössere Betrag des Rückzugs zusammenhängen. Sommer und Herbst 1896 waren dagegen kalt, daher das früher Einsetzen des Vorstosses und der geringere Betrag des sommerlichen Rückganges.

Die monatlichen und jahreszeitlichen Schwankungen in der Länge der Zunge sind also, wie zu erwarten war, abhängig von den Temperaturschwankungen; die jährliche Vor- und Rückwärts-Periode des Gletschers ist eine Funktion der Temperatur und nicht des Firnzuwachses. Die winterliche Belastung der Zunge durch Schnee kommt wohl nur unwesentlich in Betracht.

1895 geht im Oktober und November die Gletscherzunge zurück, während bei der Bäregg und dem Rauftbodenband die Dicke stationär bleibt. 1896 und 1897 geht die Zunge vor, während die Dicke stationär bleibt. Die Zunge reagiert empfindlicher auf die Temperaturschwankungen als die grosse Masse des Gletschers.

1895 schwillt der Gletscher von Januar bis Mai bei der Bäregg um 8 m an, d. h. fast um das Doppelte wie beim Rauftbodenband.

1896 nimmt in der Rückzugsphase der Gletscher bei der Bäregg fast um das Doppelte ab; es erscheint also wenigstens in diesen beiden Jahren die Amplitude der Zu- und Abnahme bei der Bäregg grösser zu sein.

[1]) Die Station Grindelwald hat im Jahr 1896 keine Beobachtungen, wir legen daher die benachbarte Station Guttannen zu Grunde, deren Temperaturen denjenigen von Grindelwald parallel laufen (Grindelwald um einige Zehntelgrade kälter).

Der Beginn des Rückzugs schwankt in den Jahren 1894 bis 1896 zwischen Ende Mai und Mitte Juni. 1896 beginnt er zwischen dem 8. und 15. Juni, 1896 Ende Mai oder Anfang Juni. Der Beginn des Vorstosses fällt 1896 und 1897 unter gewöhnlichen Verhältnissen auf die Zeit zwischen 9. September und 10. Oktober (vergl. die Tabelle unter Bemerkungen).

Die Differenzen in den Monatsmitteln erreichen in 79 % aller Fälle 3 m nicht. Auffallend ist das raschere Anwachsen der Ziffern zwischen Juni und September des Jahres 1895 bis zu 7 und 10 m. In diesem Sommer sind also die monatlichen Schwankungen ungefähr dreimal so gross, wie anno 1896. Der Grund liegt, wie schon oben bemerkt, in den abnormen Temperaturverhältnissen des Jahres 1895.

Diese Beobachtungen werden erst dann weitere Schlüsse erlauben, wenn sie über mindestens 10 Jahre sich erstrecken werden. Es hängt dies davon ab, ob Herr Stump gewillt ist, die mühevolle Arbeit auch weiterhin zu übernehmen.

Der Unter-Grindelwaldgletscher im Jahre 1895.

Die weisse Linie bezeichnet den Gletscherstand im Jahre 1858, vide Tafel II.



Tafel II.

Grdw. Grünhorn

Grindelwalder Vieschernörner

Absturz des Hörnli

Mettenberg

Bonern

Rothfluh

Thalboden

Der Unter-Grindelwaldgletscher im Jahre 1858.

a Burgbühlschopf. b Endmoräne 1855. c Häusergruppe Mettenberg, zu Grindelwald gehörig.



Tafel III.



Nach einer Photographie von Gabler

Das Ende des Unter-Grindelwaldgletschers im Jahre 1893.

a Die beobachtete Eiszunge. b Fixpunkt 14.



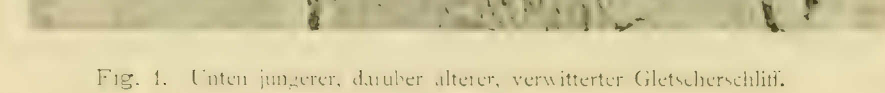


Fig. 1. Unten jüngerer, darüber älterer, verwitterter Gletscherschliff.

Unter-Grindelwaldgletscher.

Höhe 20 m.

Fig. 2. Die Gletscherschrammen verlaufen unter verschiedenem Winkel.
Im Allgemeinen verlaufen die oberen Schrammen wegen der geringeren Neigung des Gletschers weniger steil, lokal finden, wie hier z. B., von dieser Regel Ausnahmen statt.

Unter-Grindelwaldgletscher.



Fig. 1. Vom Gletscher ausgeschliffene Hohlkehlen. (Vergl. Text pag. 7.)

Unter-Grindelwaldgletscher.

Höhe circa 35 m.

Fig. 2. Oben splitternde Glacialerosion, unten Glattung. Hohlkehlen.

Unter-Grindelwaldgletscher, Rauftbodenband.

Höhe circa 35 m.



Fig. 1. Vom Gletscher ausgeschliffene Hohlkehlen. (Vergl. Text pag. 7.)

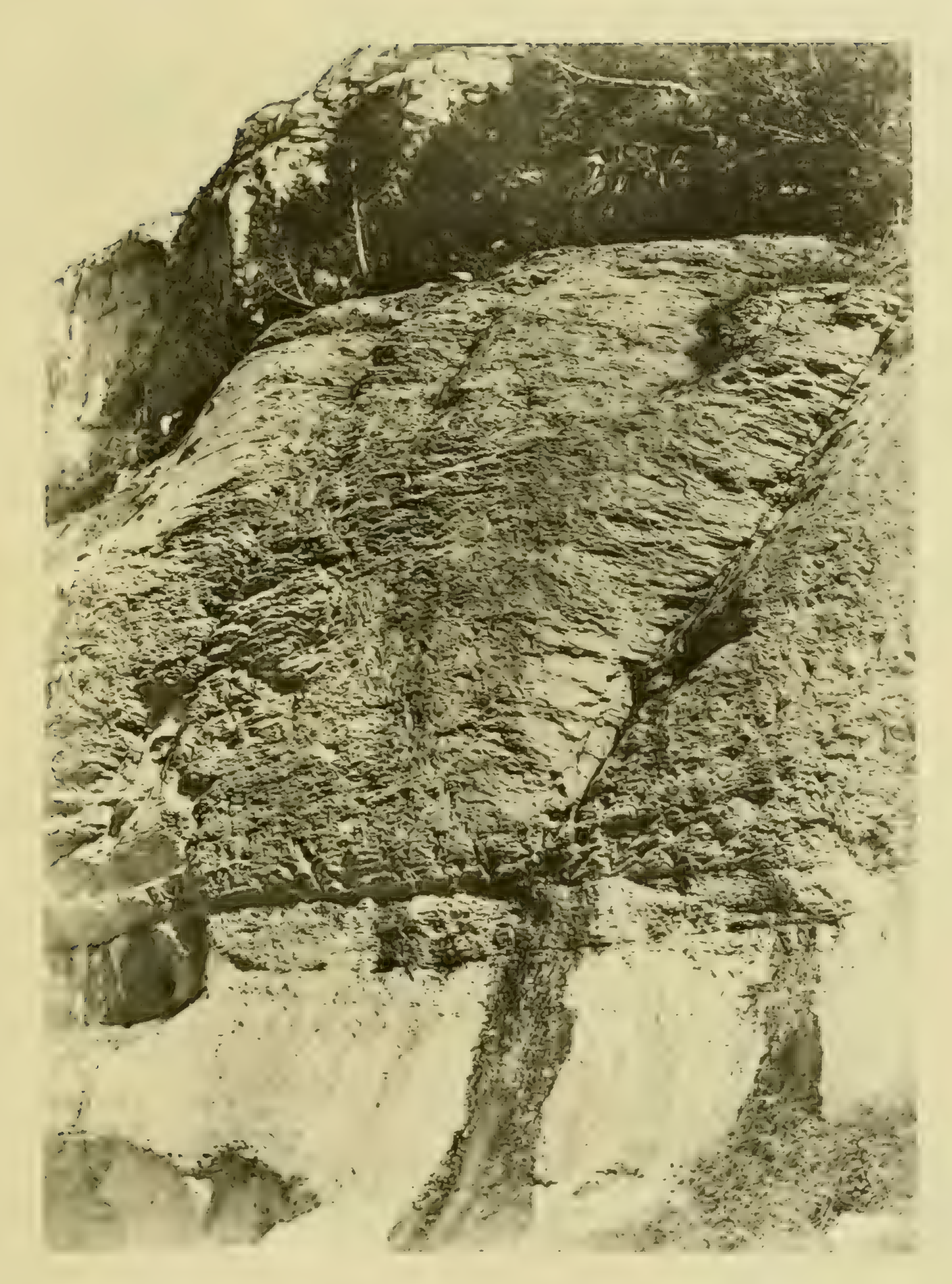
Unter-Grindelwaldgletscher.

Höhe circa 35 m.

Fig. 2. Glatt abgeschliffene Felsen, durch Verwitterung stellenweise rauh geworden. Grossere vom Gletscher erzeugte mechanische Defecte.

Unter-Grindelwaldgletscher.





Zwei Arten der Glacialerosion:
Unten schleifend und glättend, darüber splitternd, zu oberst wieder glättend. (Vergl. Text pag. 7.)

Unter-Grindelwaldgletscher, Rauftbodenband.

Höhe der unteren Felswand 35 m.





Fig. 1. Jüngerer und älterer (verwitterter) Gletscherschliff. Unter-Grindelwaldgletscher.
Höhe circa 25 m.



Fig. 2. Die circa 25 m. hohen Felsen sind nur theilweise, an der Stossseite geglättet worden.

Unter-Grindelwaldgletscher. Rauftbodenband.





Fig. 1. Links unten Hohlkehlen und Glättung, darüber splitternde Erosion. Zu oberst wieder geglättet. Höhe circa 35 m

Unter-Grindelwaldgletscher.

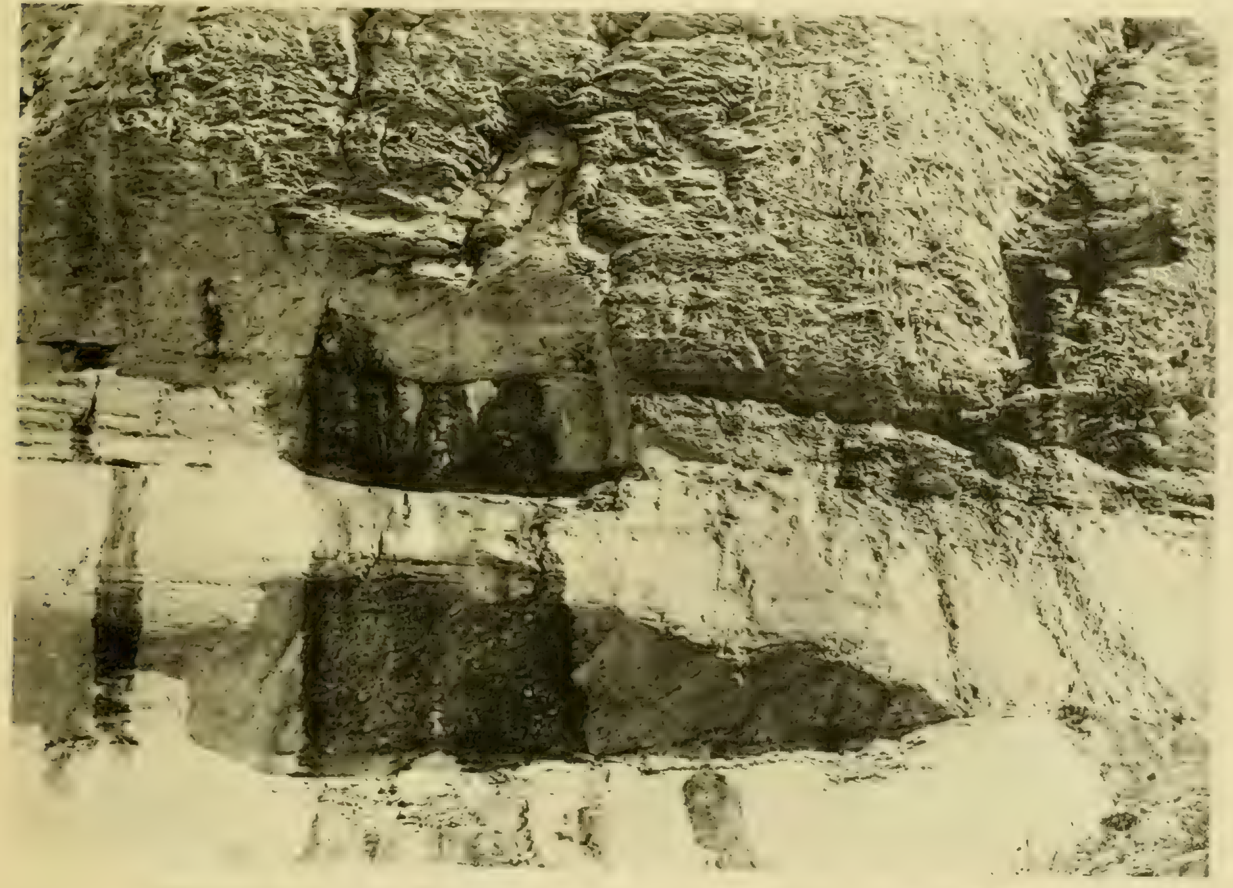


Fig. 2. Zwei Arten der Eiserosion. Oben splitternd, unten glättend. (Vergl. Text pag. [illegible])

Unter-Grindelwaldgletscher. Rauftbodenband.

Höhe circa [illegible] m.



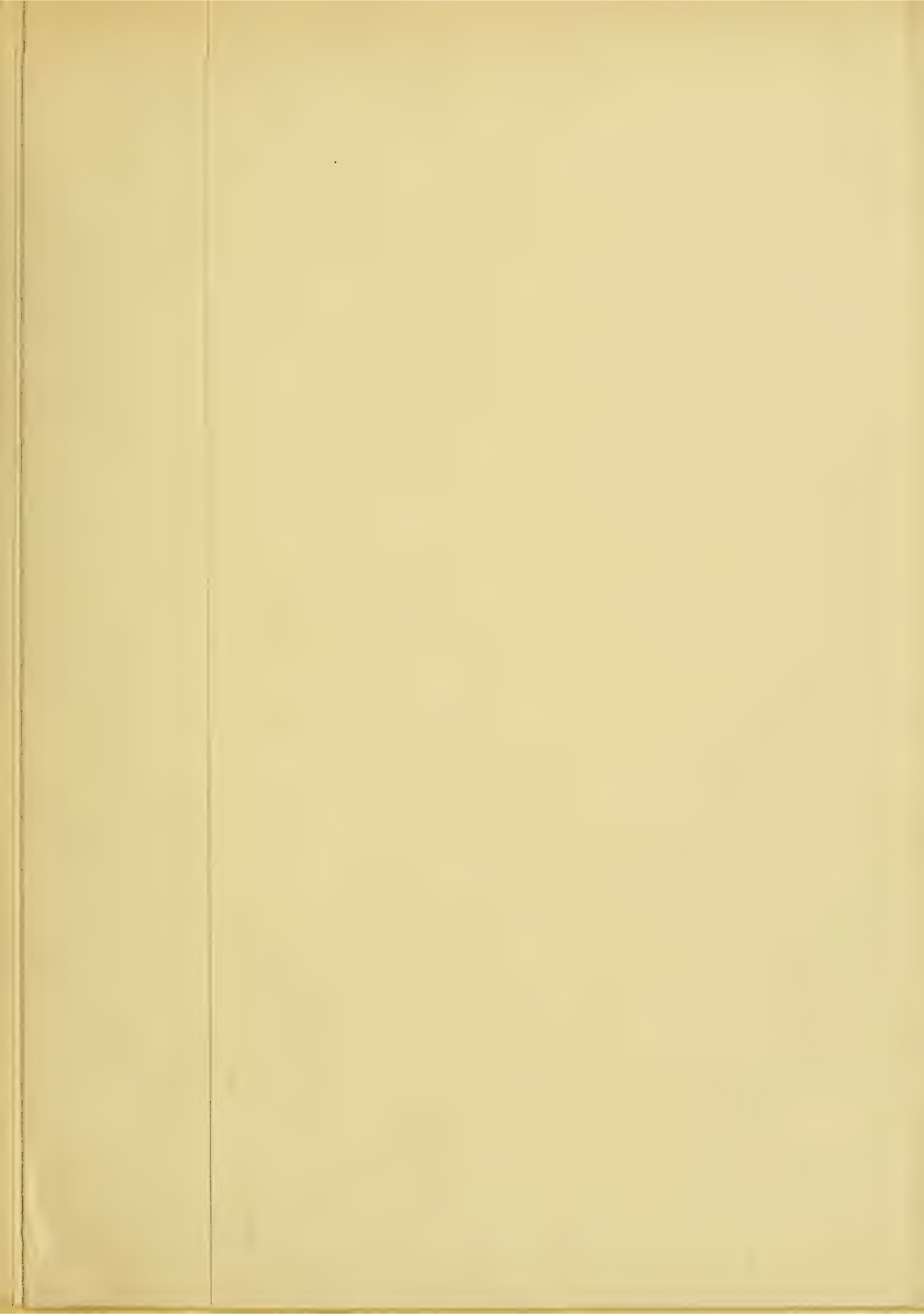


Fig. 1. Durch Bankung und Gletscherschliff bedingte bauchige Formen des Alpenkalkes. Unter-Grindelwaldgletscher.
Höhe circa 60 m.

Fig. 2. Flaches, durch Glacialerosion erzeugtes Felsbecken. (Vergl. Text pag. [illegible])

Unter-Grindelwaldgletscher, oberer Schopf.







Neue Denkschriften

der

allgemeinen schweizerischen Gesellschaft

für die

gesammten Naturwissenschaften.

NOUVEAUX MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE

DES

SCIENCES NATURELLES.

Band XXXIII, Abth. I. Vol. XXXIII, 1re livraison.

Auf Kosten der Gesellschaft und mit Subvention des Bundes
gedruckt von Zürcher & Furrer in Zürich.

Commissions-Verlag von **H. Georg** in **Basel, Genève & Lyon.**
1893.



Inhaltsverzeichnis

der

I. Abteilung.

Neue Denkschriften

der

allgemeinen schweizerischen Gesellschaft

für die

gesammten Naturwissenschaften.

NOUVEAUX MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE

DES

SCIENCES NATURELLES.

Band XXXIII. Abth. II. Vol. XXXIII. 2me livraison.

Auf Kosten der Gesellschaft und mit Subvention des Bundes
gedruckt von Zürcher & Furrer in Zürich.

Commissions-Verlag von Georg & Co. in Basel, Genève & Lyon.
1898.



Neue Denkschriften

der

allgemeinen schweizerischen Gesellschaft

für die

gesammten Naturwissenschaften.

NOUVEAUX MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE

DES

SCIENCES NATURELLES.

Band XXXIII. Vol. XXXIII.

Auf Kosten der Gesellschaft und mit Subvention des Bundes

gedruckt von Zürcher & Furrer in Zürich.

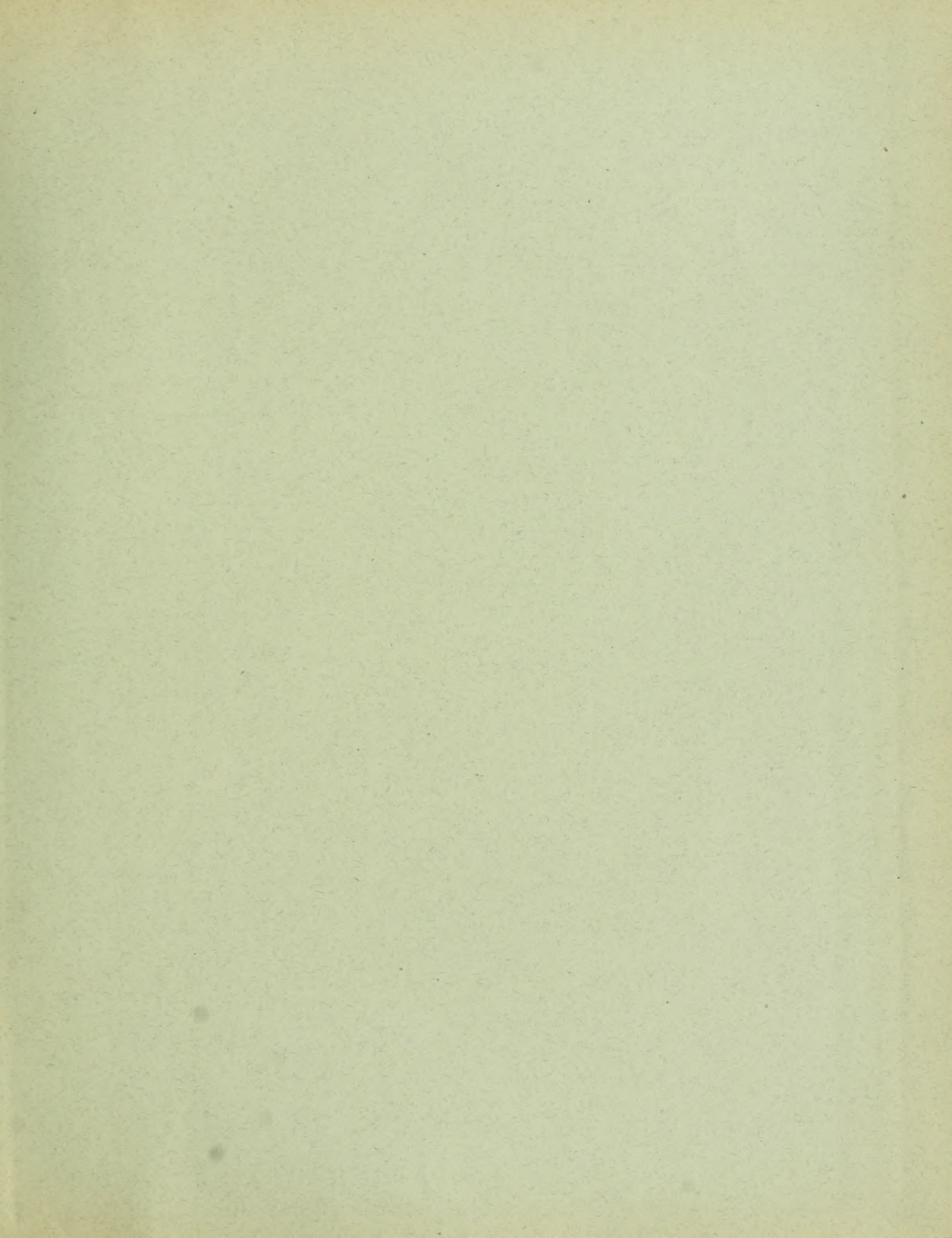
Commissions-Verlag von **Georg & Co.** in **Basel, Genève & Lyon.**

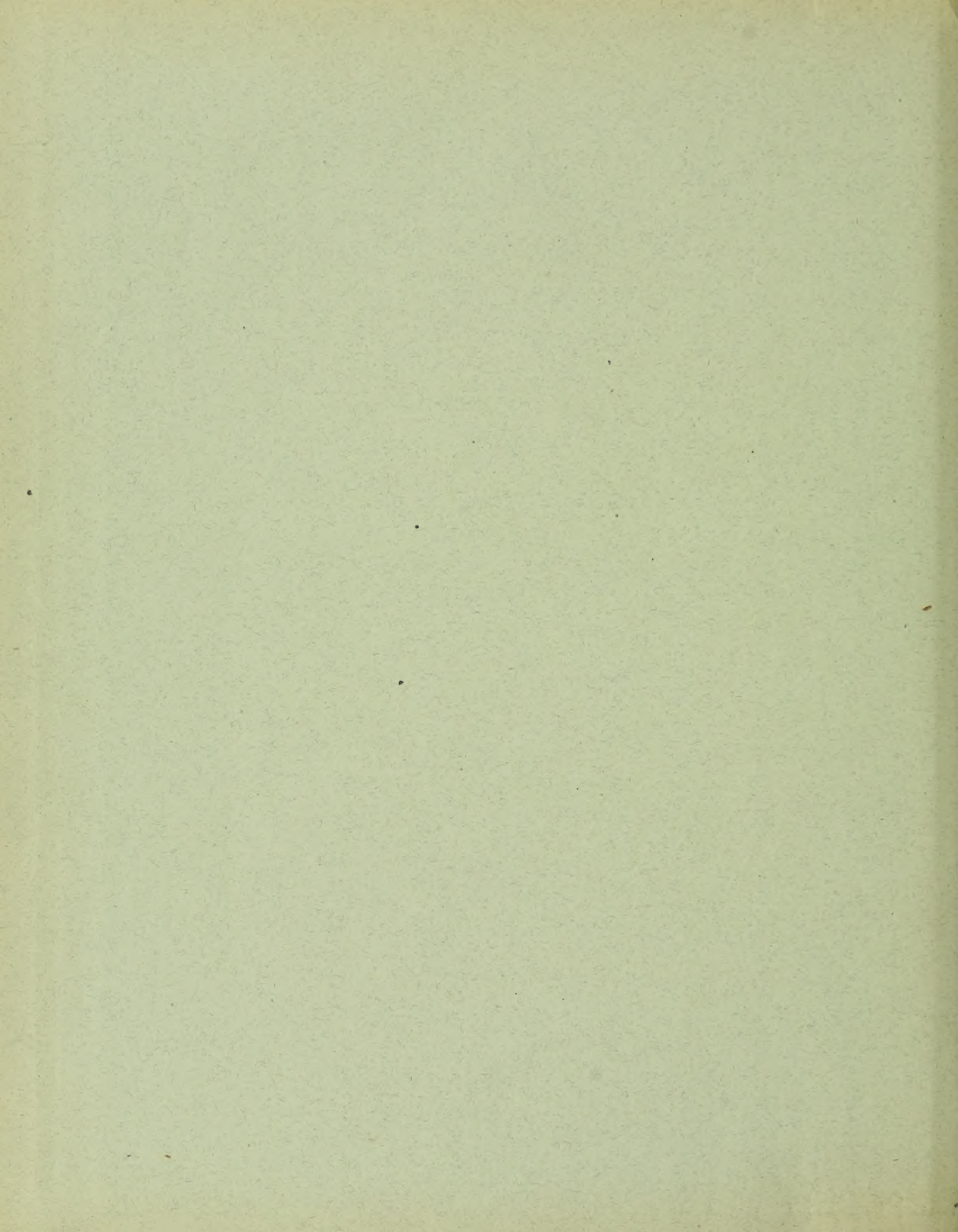
1893—1898.

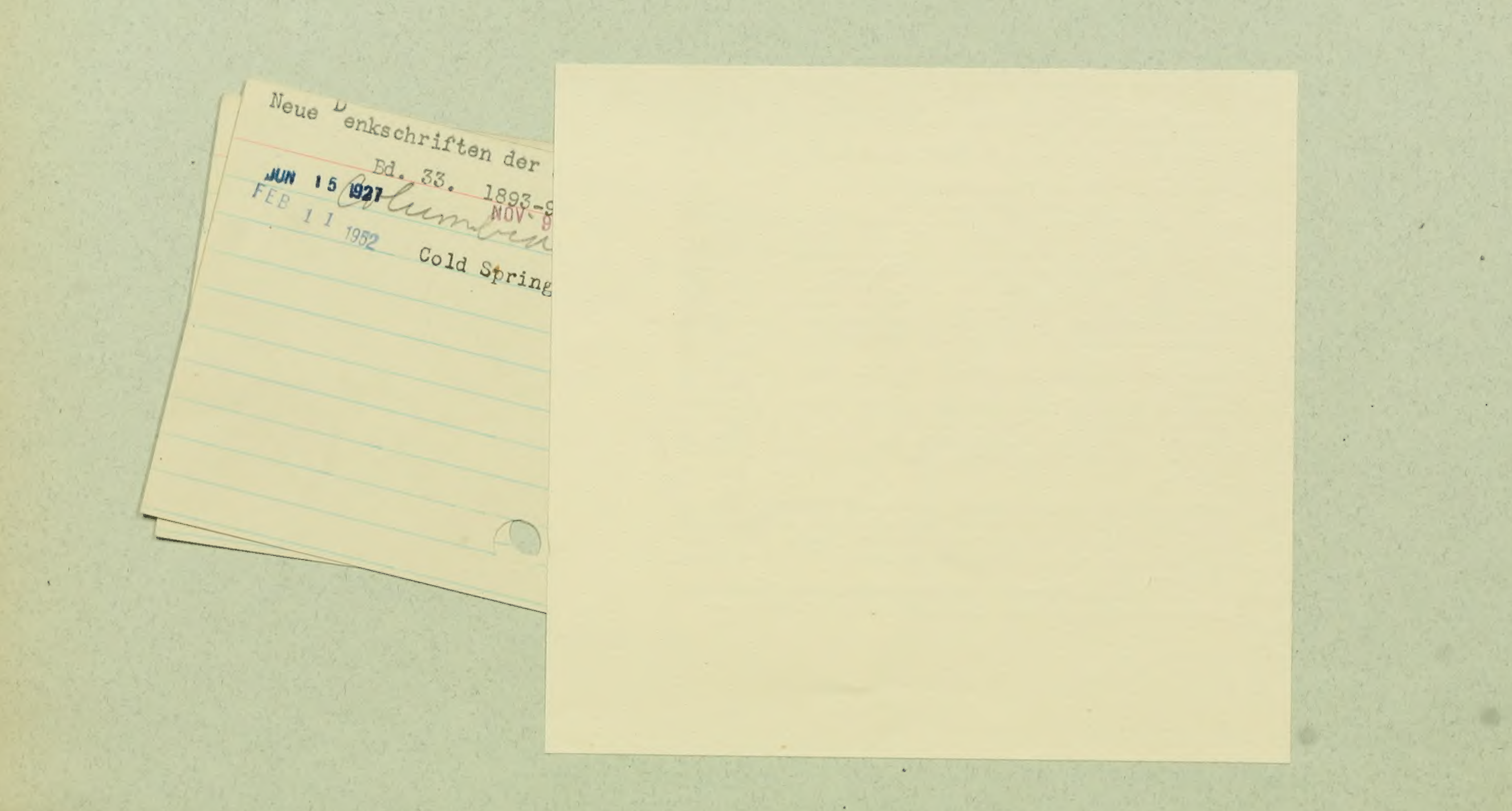




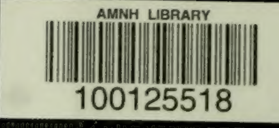








Neue Denkschriften der
Bd. 33. 1893-
Cold Spring


AMNH LIBRARY
100125518